

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Instal·lació d'un Home Cinema amb un sistema domòtic

MEMÒRIA

Autor: Xavier Palacio Fernández
Director: Jordi Garcia Boixes
Convocatòria: Juny 2016



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

En el projecte “Instal·lació d'un Home Cinema amb un sistema domòtic” s'analitza el procés a seguir per tal de crear, programar i instal·lar un Home Cinema de qualitat a partir d'un cas pràctic. El projecte s'ha dividit en tres grans blocs.

D'entrada, per tal d'aconseguir que el Home Cinema es catalogui com a domòtic s'haurà de tenir un control extern de cadascun dels dispositius, fet que s'aconseguirà gràcies a un controladors. Aquests permetran a l'usuari, amb un només un clic, crear diferents ambients a l'interior de la sala jugant amb la lluminositat i el control dels diferents dispositius que conformen el Home Cinema. Per tal d'oferir a l'usuari diferents ambients a l'interior de la sala es requerirà una programació prèvia. Lutron ens permetrà crear diferents escenes que controlaran la lluminositat; per altra banda amb Control 4 es podrà controlar la resta dels dispositius. Per tal de simplificar l'experiència d'usuari i no treballar amb dues plataformes, Control 4 ofereix la possibilitat de controlar altres sistemes, i un d'ells és Lutron.

En el segon bloc es tracta un dels aspectes més importants per tal de determinar la qualitat d'un Home Cinema, el so. Gràcies a l'estudi de les ones sonores mecàniques emeses pels diferents altaveus se n'ha pogut determinar la col·locació a l'interior de la sala per tal que no es produeixin efectes negatius, com pot ser una interferència destructiva. També s'han analitzat quines són les millors que es poden aplicar, ja siguin aïllaments o accessoris de condicionament acústic, per tal d'evitar les reflexions, el defecte principal de les sales petites.

L'últim gran bloc és la construcció pròpiament dita del Home Cinema, aplicant els dos blocs tractats anteriorment. Presenta uns plànols amb informació detallada de la distribució del mobiliari que ens permetin fer tan real com sigui possible la futura aplicació d'aquest Home Cinema.

Així doncs aquest projecte abasta des de diferents punts de vista tot el procés per dissenyar, instal·lar i gaudir d'un bon Home Cinema.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	4
1. PREFACI	7
1.1. Origen del projecte.....	7
1.2. Motivació.....	7
1.3. Requeriments previs.....	8
2. INTRODUCCIÓ	9
2.1. Objectius del projecte	9
2.2. Abast del projecte	10
3. INTRODUCCIÓ A LA DOMÒTICA	11
3.1. Què ens aporta la domòtica.....	11
3.2. Protocols de comunicació	12
3.2.1. Primer protocol (X10)	12
3.2.2. Protocol europeu (KNX-EIB)	13
3.2.3. Protocol americà (LONworks)	14
3.2.4. Protocol públic (ModBus)	14
4. QUÈ ÉS LUTRON?	15
4.1. Protocol comunicació Lutron.....	15
4.1.1. Protocol d'integració Lutron.....	15
4.1.2. Protocol HomeWorks QS	17
5. INSTAL·LACIONS LUTRON	18
5.1. Instal·lació prèvia per l'adaptació del sistema Lutron	18
5.2. Presentació del processador Lutron (HomeWorks QS).....	18
5.3. Panell de recepció de cables QS.....	19
5.4. Controlador de llums.....	19
5.4.1. Mòdul controlador de llum LED. Mòdul LQSE-4T10-D.....	19
5.4.2. Mòduls controladors de llums adaptatius. Mòdul LQSE-4A-D.....	21
5.5. Cable Lutron	22
5.6. Convertidor de tensió (QSPS-DH-1-60).....	23
5.7. Drivers controladors.....	23
6. PROGRAMACIÓ LUTRON	24
6.1. Disseny	24

6.2. Programació	26
7. CONTROL4	30
7.1. Implantació Sistemes <i>Control 4</i> al Home Cinema	30
7.2. Tipus de connexions per al control dels dispositius	30
7.3. Dispositius del Home Cinema	31
7.3.1. Dispositius Reproductors Multimèdia	31
7.3.2. Dispositius reproductors de so	33
7.3.2.1. Altaveus	35
7.3.2.2. Amplificador	36
7.3.2.3. Reproductor d'imatges	38
7.3.3. Receptor	40
7.4. Controladors Control4	41
7.4.1. Estudi control Home Cinema	41
7.4.2. Estudi mercat controladors Control4	41
8. PROGRAMACIÓ CONTROL 4	44
8.1. Creació d'un entorn de treball	44
8.2. Assignació de les llums (System Design)	45
8.3. Assignació dels dispositius	46
8.4. Programació dels dispositius (Programming)	47
9. ESTUDI DE SO	49
9.1. Efecte Hass	49
9.2. Espai sonor	50
9.3. Reflexions	50
9.4. Materials de condicionament acústics	51
9.5. Aïllament acústic	55
9.6. Material aïllant paret	56
9.7. Aïllants secundaris	59
9.8. Elecció dels materials aïllament acústic	60
10. ESTUDI ACÚSTIC DEL HOME CINEMA	62
10.1. Equació d'ona ondulatoria	62
10.2. Fenòmens d'interferència	65
10.2.1. Interferència destructiva	65
10.2.2. Interferència constructiva	65
10.3. Estudi de les interferències a l'interior de la sala	66
10.3.1. Cas ona constructiva	66

10.3.2. Cas on a destructiva	66
10.3.3. Cas dels set altaveus	67
11. DISSENY HABITACIÓ	69
11.1. Construcció prèvia	69
11.2. Pantalla	70
11.3. Pantalla motoritzada	72
11.4. Col·locació dels altaveus	72
11.5. Fals terra	73
12. TIPUS D'USUARIS DEL SISTEMA	74
13. ANÀLISI DE FUNCIONALITAT	75
14. PRESSUPOST	77
14.1. Pressupost enginyers	77
14.2. Pressupost materials	77
14.2.1. Pressupost dispositius	78
14.2.2. Pressupost Software i Hardware	78
14.2.3. Pressupost construcció	79
15. IMPACTE AMBIENTAL	81
15.1. Dispositius	81
15.2. Construcció	81
15.3. Impacte energètic	82
CONCLUSIONS	84
AGRAÏMENTS	85
BIBLIOGRAFIA	86

1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

Per escollir el tema del treball de final de grau cal tenir en compte molts condicionants. D'una banda, és un treball que caldrà desenvolupar al llarg d'uns quants mesos. A més, caldrà que sigui un tema assequible però alhora prou motivador com per fer-te anar més enllà i aplicar els coneixements adquirits.

La domòtica per a mi s'ajusta a aquests condicionants. He descobert que és un camp interessant, en el qual puc avançar i aprofundir i també portar a la pràctica el que he après en els meus estudis del grau d'enginyeria industrial. La domòtica està cada cop més present al nostre voltant. És cada cop més habitual veure als mitjans de comunicació notícies relacionades amb avenços i aplicacions en aquest terreny a diversos aspectes de la vida quotidiana per fer-la més fàcil i, sobretot, més còmoda.

A més, parlar de domòtica no vol dir únicament parlar de comoditat, sinó que també pot contribuir a l'estalvi energètic. Les empreses estan cada cop més interessades en aquest aspecte pel que suposa de reducció de despeses.

El projecte que presento aplica la domòtica a l'àmbit del lleure domèstic amb la instal·lació d'un Home Cinema que persegueix la comoditat i el confort, sense deixar de tenir present l'estalvi energètic.

1.2. Motivació

Quan es decideix realitzar una carrera com Enginyeria Industrial s'espera que t'obrin els ulls en tots els aspectes tecnològics presents avui en dia al mercat. A mesura que es va avançant en els estudis, t'adones que no és possible ja que és un àmbit en canvi constant i d'una complexitat i una diversitat molt elevades. El que sí que permeten aquests estudis és entrar en contacte amb camps que et resulten d'especial interès. En el meu cas, un d'aquests camps ha estat la domòtica.

És per això que he decidit realitzar un projecte relacionat amb els sistemes domòtics i tot allò que els envolta, ja que considero un tema d'actualitat i d'interès personal. No només es veurà la implantació d'un sistema domòtic a un Home Cinema, sinó que també es tractaran temes de disseny, electricitat i acústica. Ajuntar en un projecte domòtica, disseny, electricitat i acústica és una bona oportunitat per mostrar alguns dels conceptes apresos durant el grau i a més complementar-los amb altres conceptes que no s'havien tractat.

1.3. Requeriments previs

En tractar-se d'un projecte el tema principal del qual no s'ha impartit durant el grau, requereix coneixements que s'hauran d'assolir mentre s'està realitzant el projecte. Tot allò relacionat amb la domòtica, ja siguin protocols, instal·lacions, marques que proporcionen els diferents productes domòtics són conceptes que demanen un estudi previ per tal de saber amb exactitud cap a on orientar el projecte.

Pel que fa al disseny, s'hauran d'utilitzar programes com SolidWorks o AutoCad per tal de reflectir de forma gràfica alguns plànols en 2D o 3D. També s'haurà de tenir coneixements bàsics d'electricitat ja que durant el projecte s'haurà de realitzar una instal·lació elèctrica que estarà connectada a la xarxa. Per últim aquest projecte requereix de coneixements i estudi del so en una sala.

2. Introducció

La instal·lació de sistemes domòtics als habitatges està creixent cada dia més, i és justament el que es planteja de fer aquest treball. D'entrada per implantar un sistema domòtic dins d'una habitació cal connectar tres grans aspectes: disseny, domòtica i electricitat. A més cal dur a terme un gran estudi acústic de la sala ja que finalment el que diferenciarà un Home Cinema estàndard d'un Home Cinema de bona qualitat és com es reproduirà el so.

Per tal de desenvolupar un bon projecte, cal saber què s'ha de realitzar en cadascuna de les fases. És per això que s'han de formular uns objectius i anar assolint-los durant la realització del projecte.

2.1. Objectius del projecte

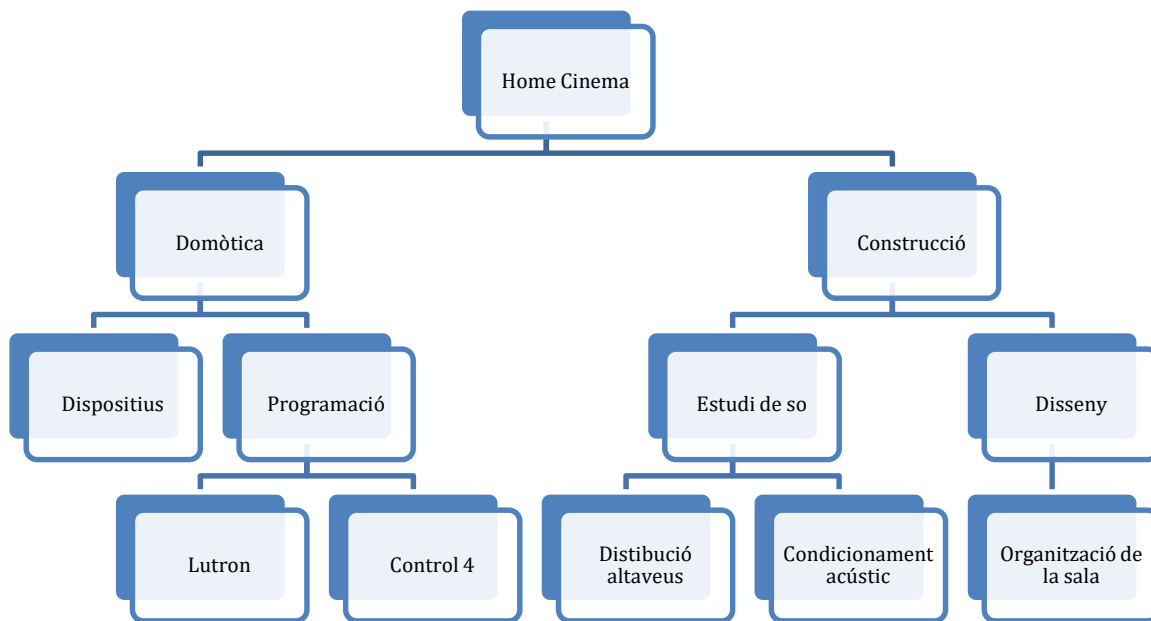
Els objectius del projecte són clau per tenir un indicatiu sobre la feina realitzada i alhora permeten copsar-ne la magnitud.

Per a la "Instal·lació d'un Home Cinema amb un sistema domòtic" s'han fixat els objectius següents:

- Escollir i realitzar una bona documentació de tots els aparells utilitzats en la instal·lació elèctrica del sistema domòtic.
- Programar els diferents dispositius que s'hauran d'incorporar a l'interior de la sala amb els programes oferts pels diferents fabricants escollits per a aquest projecte.
- Prioritzar la comoditat en l'experiència d'usuari controlant les diferents accions que es poden realitzar dins de la sala mitjançant una aplicació per mòbil o tauleta o mitjançant un comandament a distància.
- Realitzar un estudi sobre el so a l'interior del Home Cinema analitzant els diferents fenòmens que es poden produir en la sala en funció de la distribució dels altaveus instal·lats.
- Dissenyar una sala on poder instal·lar tots els aparells relacionats amb el Home Cinema, utilitzant programes com AutoCad o SolidWorks per realitzar plànols per tal d'entendre amb la màxima claredat la distribució de la sala.

2.2. Abast del projecte

Per tal de definir clarament quin serà l'abast del projecte es realitzarà una estructura per nivells del treball i s'explicarà fins a quina fase que es pretén arribar. Aquesta descomposició s'anomena EDT (Estructura de Descomposició del Treball) i realitza una estructuració jeràrquica dels temes més importants del projecte.



II-lustració 1. Estructuració jeràrquica del projecte

Pot observar-se que el projecte es divideix en dues grans branques, la domòtica i la construcció del Home Cinema.

Pel que fa la branca de la domòtica pretén completar-se en la seva totalitat. Realitzant tota la programació sobre els dispositius i deixant el programa preparat per només haver-lo d'instal·lar al controlador.

Per altra banda, la branca de la construcció és molt més complexa. Es realitzarà un estudi de so per tal de saber quina serà la correcta col·locació dels altaveus i quins seran els diferents accessoris que faran que la sala tingui un so de molta qualitat; també a l'apartat de disseny, s'organitzarà la sala de la forma més acurada possible per aconseguir una proposta que podria dur-se a terme a la realitat.

3. Introducció a la domòtica

El DIEC (Diccionari de la llengua catalana) defineix la domòtica com la disciplina que s'ocupa de la concepció i l'aplicació d'automatismes en les instal·lacions dels habitatges. Des dels inicis, l'home ha anat utilitzant els coneixements que adquiria al llarg dels anys per fer la seva vida molt més fàcil i còmoda i, en els últims cinquanta anys, ha automatitzat tot allò que ha estat possible per fer les tasques menys exigents i per tant molt més senzilles.

El sector de la domòtica ha evolucionat molt durant els últims anys i compta amb una oferta molt més consolidada del que ofería anys enrere. Aquesta tecnologia ha ampliat molt el seu mercat, ja no només va dirigida a llars amb un alt nivell adquisitiu; avui en dia la domòtica es pot trobar a qualsevol lloc gràcies a la gran varietat de productes que estan al nostre abast per molts menys diners.

La xarxa de control dels sistemes domòtics s'integra amb la xarxa elèctrica, que coordina totes aquelles xarxes que hi tenen relació, com poden ser la telefonia o la televisió. La instal·lació elèctrica a la qual va acoblada a la xarxa de control del sistema domòtic està regulada pel REBT (Reglament Electrònic per Baixes Tensions).

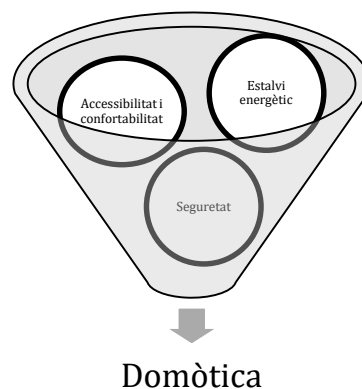
3.1. Què ens aporta la domòtica

Com ja s'ha comentat anteriorment, l'objectiu de la domòtica és fer la vida més fàcil a aquelles persones que la utilitzen. La qualitat de vida de l'usuari millora en els següents aspectes:

- **Accessibilitat.** Permet a totes les persones, incloent-hi persones amb discapacitats o amb alguns requeriments especials, regular les variables dels diferents elements de la casa d'una manera molt més senzilla.
- **Seguretat.** Ofereix la possibilitat de vigilància automàtica de persones, animals i béns mitjançant càmeres connectades entre si i alhora connectades amb un centre de control.
- **Llar més confortable.** Possibilita realitzar qualsevol acció com ara encendre, apagar, obrir, tancar, baixar, pujar, regular, etc., amb un simple clic en un dispositiu (mòbil o tauleta) o amb un comandament.
- **Estalvi energètic.** Permet gestionar la il·luminació, la climatització, els electrodomèstics, etc., donant-nos informació sobre quines són les tarifes horàries més econòmiques per tenir en funcionament alguns aparells.

Al territori espanyol, la domòtica té força presència gràcies a la multitud d'empreses que n'ofereixen. Moltes d'elles proporcionen equipament homologat complint els estàndards internacionals, i de fet n'hi ha algunes que es dediquen a la implementació d'aquests sistemes des de fa una quinzena d'anys.

La tecnologia més utilitzada dins del món de la domòtica per a cases i edificis és el protocol de bus KNX, que compta amb més de vint anys d'experiència. Alemanya, i en segon lloc Espanya, són els països amb major nombre de KNX Partners. Aquesta dada és una mostra del potencial espanyol dins del món de la domòtica.



Il·lustració 2. Esquema amb les característiques de la domòtica

3.2. Protocols de comunicació

3.2.1. Primer protocol (X10)

A mesura que la domòtica ha anat evolucionant i agafant importància, s'ha vist la necessitat de crear un protocol que en reguli la utilització. Descriure formalment formats de missatges i normes que dos ordinadors segueixin per intercanviar informació era bàsic i imprescindible.

La creació del primer protocol de comunicació pensat expressament per a tasques de control es remunta als anys 70 del segle passat, als Estats Units. La creació d'aquest protocol va respondre a tres grans causes:

- La gran crisi energètica que hi havia al món va obligar a consumir energia d'una forma molt més racional per tal d'estalviar. Es van produir una sèrie de canvis legislatius als països més desenvolupats que obligaven a fer un ús de l'energia molt més respectuós amb el medi ambient.
- Les grans empreses que consumeixen molta electricitat, ja siguin hotels, hospitals o indústries, van adonar-se que tenien moltes pèrdues energètiques. Aquí van

aparèixer els primers sistemes integrats d'aplicacions electromagnètiques.

- La creació d'un dispositiu amb el qual realitzar accions de control sobre altres dispositius va ser revolucionari. L'aparició del primer microprocessador, a l'any 1971, va accelerar l'aparició de sistemes de control.

El protocol X10 va ser conseqüència de totes les causes citades anteriorment. Nascut a la dècada dels 70, concretament l'any 1978, va implantar-se ràpidament pels Estats Units i també a Europa.

El protocol X10, per necessitats de l'època de la seva creació, utilitzava el cablejat de la xarxa elèctrica per transmetre la informació.

3.2.2. Protocol europeu (KNX-EIB)

El KNX – EIB (Bus d'Instal·lació Europeu) és el bus de dades utilitzat a Europa tant pels sistemes domòtics com pels sistemes d'immòtica. Aquest protocol pot ser utilitzar en sistemes sense fils (com els infrarojos, radiofreqüència) o emmagatzemar-lo en forma de paquets d'informació per enviar-lo per internet o algun altre tipus de xarxa TCP/IP. Inicialment aquest protocol només podia utilitzar-se a la zona europea, però a causa del gran interès tecnològic que va despertar a països fora del territori europeu, la KNX Association també va procedir a la seva validació a escala internacional.

A l'any 2006 fou finalment acceptat com a ISO/IEC 14543-3-x. Quan un producte és conegut internacionalment fa que tant usuaris com empreses que fan servir o desenvolupen productes amb aquesta tecnologia augmentin la seva confiança en el producte.

Les diferents referències del protocol KNX aprovades són les següents:

Estàndard	Referència
Internacional	ISO/IEC 14543-3
Europeu	CENELEC EN 50090, CEN EN 13321-1, 13321-2
Xinès	GB/T 20965
Nord-americà	ANSI/ASHRAE 135

Taula 1. Taula amb les diferents referències del protocol KNX aprovades

3.2.3. Protocol americà (LONworks)

El protocol de comunicació LONworks neix gràcies a una companyia americana anomenada Echelon, amb seu a Palo Alto, Califòrnia. Aquest protocol troba una solució molt efectiva davant els problemes de sistema de control. El sistema va ser normalitzat a l'any 1999 com a estàndard segons la norma ANSI/CEA-709.1-B.

El bon funcionament d'aquest protocol ha fet que fabricants, usuaris finals, integradors i distribuïdors hagin vist com creix la demanda de sistemes de controls que integrin el protocol LONworks. LONworks proporciona amb el seu sistema de control solucions per als diferents problemes de manteniment, la construcció i el disseny de xarxes de control. Hi pot haver connectats des de 2 fins a més de 30.000 dispositius. Els principals proveïdors d'aquest protocol són Echelon Corporation i Cypress Semiconductor Toshiba.

3.2.4. Protocol públic (ModBus)

Creat per la gamma de controladors lògics programables, Modicon, al 1979 va llançar el seu propi protocol. Aquest protocol es coneix per la gran facilitat que existeix a l'hora de connectar dispositius electrònics industrials. Les principals raons per les quals ModBus es utilitza tant pels usuaris són les següents:

- Públic.
- Desenvolupat per aplicacions industrials.
- Treballa amb blocs de dades però no presenta cap tipus de restricció.
- És molt fàcil d'implementar i requereix de poc desenvolupament (programació).

El desenvolupament i adaptació dels protocols de Modbus ha estat organitzat per ModBus Organization des d'abril de 2005, quan la companyia Schneider Electric va transferir les dades a aquesta organització.

4. Què és Lutron?

Lutron Electronics és una empresa líder mundial encarregada del disseny i la fabricació de solucions de control de llums, tant naturals com artificials. Coneguda per la invenció del primer regulador en estat sòlid i la tecnologia per regular la fluorescència, Lutron té més de 2.000 patents i fabrica més de 15.000 productes. Els sistemes Lutron s'enfoquen tant per a aplicacions en residències, comerços, hotels i edificis corporatius.

A finals dels anys 50 neix la història de Lutron en un laboratori improvisat per Joel Spira a la ciutat de Nova York. La idea de canviar un reòstat per un atenuador d'estat sòlid va suposar el gran canvi. La gran diferència entre un reòstat i un atenuador és la següent: el reòstat atenua la llum en absorbir energia elèctrica que transforma en calor. En canvi els tiristors o atenuadors, atenuen la llum en interrompre la alimentació elèctrica.

Joel i la seva dona Ruth Spira van crear la empresa Lutron Electronics el 1961. Sabien que el control a la il·luminació produiria un gran canvi a la societat i seria revolucionari. El més destacable de Lutron no és únicament el control de la intensitat de la llum sinó que també agafa força la idea d'energia estalviada.

Des del primer invent, un simple rotatiu que encara és present a les parets de molts menjadors fins a la tecnologia més capdavantera utilitzada avui en dia a les cases d'arreu del món, la empresa s'ha anat expandint de forma progressiva i ha arribat a tenir seus arreu del món. Les grans capitals europees (Madrid, Barcelona, Londres, París), països sud-americans (Colòmbia o Brasil) o la gran indústria asiàtica (Singapur, Shanghai, Tòquio o Beijing) venen els seus productes.

Lutron ofereix una gran varietat de productes pel control de llums dins de qualsevol espai. Una habitació que només estarà orientada a un servei, un Home Cinema, requereix de molts estats de llum dins de la sala, per tant mitjançant els dispositius Lutron això pot aconseguir-se.

4.1. Protocol comunicació Lutron

El protocol de comunicació Lutron no és cap dels protocols explicats anteriorment. L'empresa Lutron va decidir tenir un protocol propi per a cadascun dels dispositius que comercialitza, però aquests protocols són molt semblants entre ells.

4.1.1. Protocol d'integració Lutron

Aquest protocol s'utilitza per a qualsevol dels dispositius Lutron i permetrà que les tres

grans parts de Lutron (la pantalla tàtil, els controladors universals i l'aplicació de software) puguin controlar i programar els dispositius en un control de llums. El protocol realitza les tres operacions bàsiques d'integració:

- Executar una acció mitjançant Lutron. (#)
- Monitoritzar respostes del sistema Lutron. (~)
- Saber l'estat dels diferents dispositius Lutron. (?)

Les ordres més importants d'aquest protocol són OUTPUT (control sobre les sortides dels dispositius) i DEVICE (control sobre les entrades).

Un cop se saben quines són les principals accions que poden realitzar-se es veuran diferents exemples de quina és la comunicació que hi haurà entre els diferents dispositius. Lutron utilitza una estructura fixa per tal d'enviar les ordres. Aquesta estructura és la següent:

Command	Integration ID	Command Specific fields
Acció que vol realitzar-se sobre el dispositiu (OUTPUT o DEVICE)	S'assigna una ID a cadascun dels dispositius del sistema per tal de comunicar-s'hi de forma ràpida.	Conté informació complementària sobre l'ordre enviada inicialment.

Taula 2. Protocol Lutron per enviar ordres als diferents dispositius

Els dos últims detalls que han d'enviar-se són <CR>, que marca quin percentatge de lluminositat es vol, i <LF>, que marca sobre quina línia de llum vol realitzar-se aquesta modificació.

Tot seguit es mostrarà un exemple d'una ordre enviada mitjançant el protocol Lutron d'integració. L'acció mostrada a continuació identificarà el dispositiu amb el número 1 i en realitzarà la primera acció, que serà situar el nivell de lluminositat al 85 % durant 1:10 minuts. (#OUTPUT,1,1,85,1:10<CR><LF>).

Command	Integration ID	Command Specific fields		
#OUTPUT	1	Action Number	Level	Fade Time
		1	85	1:10

Taula 3. Exemple d'una ordre Lutron

4.1.2. Protocol HomeWorks QS

Es parla del protocol HomeWorks QS en concret perquè serà el processador escollit per tal de dur a terme el control de llums del Home Cinema. Les raons per les quals s'ha escollit aquest processador es mostraran a l'hora de triar els dispositius de la instal·lació Lutron [6.2]. El protocol de HomeWorks QS no deixa de ser la continuació del protocol d'integració mostrat anteriorment. A aquest protocol de comunicació se li afegiran més ordres per tal de poder realitzar un control sobre els llums molt més precís. Algunes de les ordres noves que incorpora aquest protocol són:

- **RESET** – ordre emesa quan es vol fer un reinici sobre el processador HomeWorks QS.
- **ETHERNET** – modifica la configuració de connexió a internet del processador.
- **TIMECLOCK** – permet realitzar controls sobre sistemes amb rellotge.
- **ERROR** – informa amb una resposta negativa quan l'ordre ha estat transmesa de forma errònia.

El més important del protocol de comunicació en el processador HomeWorks QS amb la resta de dispositius és la connexió a internet sense la necessitat d'un mòdul complementari.

A l'apartat de programació [7] podran entendre's molt millor els conceptes després d'haver explicat que existeix una identificació per a cadascun dels aparells que hi ha al sistema Lutron. Aquest ID també serà molt important quan es vulgui realitzar la interacció entre Lutron i Control 4, el controlador de dispositius.

5. Instal·lacions Lutron

5.1. Instal·lació prèvia per l'adaptació del sistema Lutron

Primer de tot, i com a tota instal·lació elèctrica, existeix la necessitat d'instal·lar una PIA (Petit Interruptor Automàtic). Aquest sistema de seguretat té la funció de protegir els circuits elèctrics de la casa contra curtcircuits i sobrecàrrega del sistema. Consta de dos elements principals:

- **Disparador o desconnector elèctric** – format per una bobina que actua com un contacte mòbil quan la intensitat passa del seu valor nominal.
- **Desconnector tèrmic** – sistema format per una placa metàl·lica que es doblega quan hi ha un excés d'intensitat.

5.2. Presentació del processador Lutron (HomeWorks QS)

El processador *HomeWorks QS Processor* (HQP6-2) ha estat l'escollit per realitzar el control. S'encarrega de controlar i comunicar-se amb tots els components del sistema. Tot l'equip integrat en el sistema ha d'estar connectat a la mateixa xarxa que els processadors. No és necessari que la xarxa de connexió sigui una xarxa estàndard; també pot connectar-se mitjançant la creació de xarxes *ad-hoc* (xarxa sense fils descentralitzada que no depèn d'infraestructures existents). Un cable d'Ethernet connectat a una de les seves entrades fa que el software de *HomeWorks QS* pugui realitzar la seva tasca, per tant s'utilitza una xarxa estàndard.

El processador té com a sortides dos links que poden ser configurats cadascun individualment. El processador treballa a 24 V DC i 250 mA, en canvi els links ho fan a la mateixa tensió, 24 V DC però diferent corrent, 2 A per link. Es recomana que l'alimentació del processador sigui de 24 V DC, i la font d'alimentació QSP-DH-1 els ofereix.

La principal idea que s'ha de tenir del processador és que tots els mòduls van connectats als mòduls de control de llums, tant si són mòduls de controls de llum LED, com si són mòduls de control de llums *Loading Edge* o *Trailing Edge*. Totes les connexions podran trobar-se a l'Annex A.



Il·lustració 3. Processador HQP6-2 de la marca Lutron

5.3. Panell de recepció de cables QS

Just abans de realitzar la connexió entre el sistema de control amb el sistema controlador de llums, s'ha d'instal·lar una plaqueta on anirà connectat el cable. A la placa QS-WLB hi ha fins a 5 bolcs de terminals. La plaqueta pot instal·lar-se des de un gabinet de baixa tensió a la part inferior d'un panell d'alimentació. En el nostre cas aquest està situat al gabinet de baixa tensió.

A aquest panell de recepció de cable QS se li pot instal·lar des d'uns cables que segueixen el protocol DMX, fins a un teclat que controla el sistema *HomeWorks* QS, presentat anteriorment, o un sistema de control de persianes i cortines. Al nostre cas hi haurà la connexió del controlador *HomeWorks* QS i el sistema controlador dels llums. A la nostra instal·lació no seria necessari el panell de recepció de cables, però s'incorpora perquè si en un futur es vol instal·lar més sistemes de control dins de la casa, no s'hagi de fer una instal·lació extra.

5.4. Controlador de llums

Lutron ofereix diferents alternatives en funció del tipus de control de càrregues d'il·luminació que vulguis realitzar sobre els teus aparells. Van des dels més bàsics, que només controlen l'atenuació de certs llums que trobem a l'interior de la casa, fins als més complexos, que combinen llums, persianes i control d'aparells elèctrics. És per això que s'ha realitzat una taula amb les diferents alternatives que trobem dins del mercat per tal de trobar la millor solució.

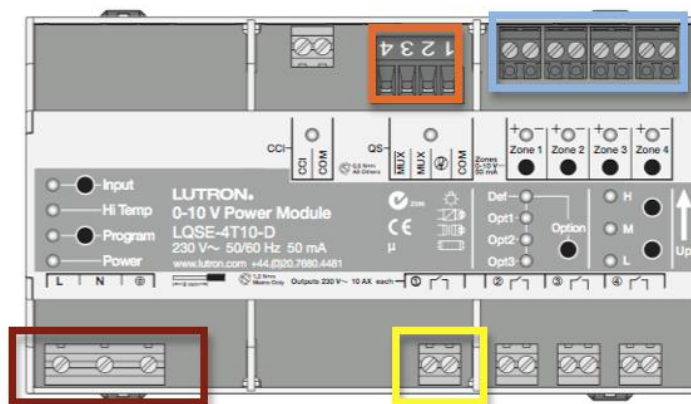
Els mòduls d'alimentació inclouen links QS per dur a terme una connexió més senzilla amb el sistema *HomeWorks* QS. Els mòduls d'alimentació estan pensats per administrar la llum de tota la casa o d'un bloc d'edificis sencer, ja que es tracta de petits mòduls independents de manera que cadascun realitza la seva tasca sense tenir en compte els altres mòduls.

5.4.1. Mòdul controlador de llum LED. Mòdul LQSE-4T10-D

Aquest mòdul treballa a 230 V AC. El més important d'aquest mòdul són les sortides. Cada una segueix el protocol 10 AX per commutació. Ofereixen també quatre sortides d'entre 0 V i 10 V, per tant són perfectes reguladors de llum, ja que si volem una llum més o menys intensa en funció del moment del dia o de la situació, el mòdul LQSE-4T10-D és capaç de regular-la sense cap tipus de problema. El mòdul és compatible amb *HomeWorks* QS.

Pel que fa a les sortides, totes comparteixen el terminal negatiu (acostuma a ser terra/massa), per tant només requereix un únic cable a massa.

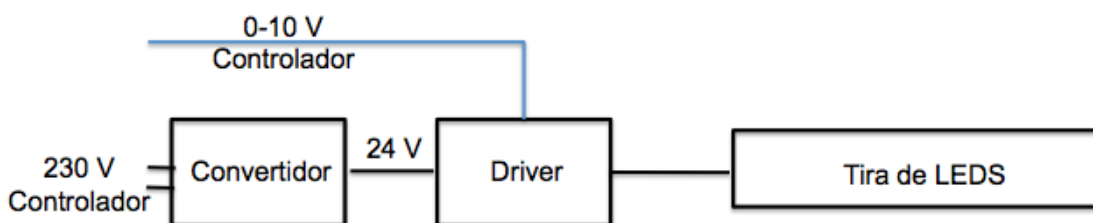
En el següent esquema es presenten les diferents entrades i sortides que hi ha al mòdul LQSE-4T10-D.



II·lustració 4. Mòdul controlador de llums amb diferents indicadors

Les entrades del sistema estan formades pels requadres vermell i groc. Al primer d'ells aniran connectats tots els cables corresponents a la xarxa de 230 V (Terra, Neutre, Tensió). Pel que fa al requadre groc la seva entrada i la seva sortida serà la mateixa, la tensió de 230 V AC. Com ja sabem, aquest controlador s'alimenta de 230 V, i es per això que l'alimentarem directament de la xarxa. La sortida anirà directament connectada amb els convertidors Lutron de 230 V AC a 24 V DC. Per tant, cadascun dels quadres grocs de la imatge aniran connectats a un dels convertidors, i cadascun dels convertidors estarà connectat a uns drivers de control.

Pel que fa als altres dos requadres són requadres de control. Al requadre taronja anirà connectat el cable Lutron. El mòdul proporciona al sistema quatre sortides de les quals només se n'utilitzaran tres (MUX, MUX(negat) i neutre). Aquests tres serveixen per enviar paquets d'informació del controlador al tauler de botons amb el qual es controlen els llums des de l'habitació. Per últim parlarem dels reguladors de 0V a 10 V, requadre blau, que van connectats directament amb els drivers de control de llum.



II·lustració 5. L'esquema mostra com seran les connexions per controlar una tira de LEDs.

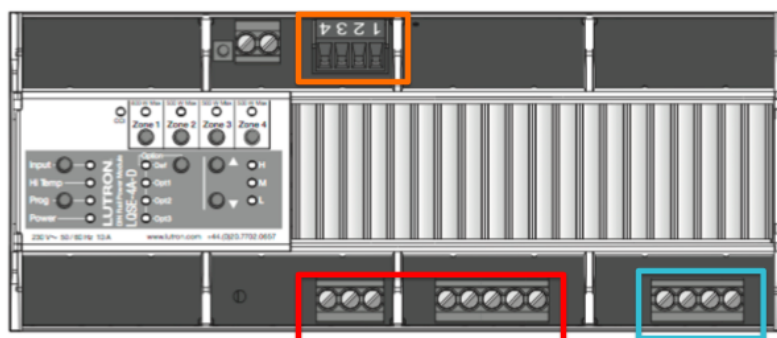
5.4.2. Mòduls controladors de llums adaptatius. Mòdul LQSE-4A-D

Per tal de realitzar un control de llum sobre una làmpada convencional s'ha de saber inicialment de quin tipus és. Hi ha dos tipus de llums:

- *Leading edge* – retall de l'ona per la part davantera de la corba.
- *Trailing edge* – retall de l'ona per la part posterior de la corba.

Els reguladors de llum en corrent retallen l'ona pel davant o pel darrere. Com ja sabem, el corrent elèctric té una forma sinusoidal. Tot i que per al nostre ull és imperceptible, la llum s'encén i s'apaga contínuament i el que fa el nostre cervell és una mitjana de la llum que veu. És per això que retallant l'ona, en més o menys quantitat, el que s'està aconseguint és disminuir la mitjana de llum que rep l'ull, i d'aquesta manera sembla que la llum té més o menys intensitat.

Lutron ofereix un mòdul adaptatiu de tensió, concretament el model LQSE-4A-D. Aquest mòdul pot ser utilitzat amb el processador HomeWorks QS. La característica més important d'aquest mòdul és que és capaç de seleccionar de forma automàtica quin tipus de retallada es realitza a l'ona (*Leading edge* o *Trailing edge*). És molt important ja que hi ha molts tipus de llums que s'han de retallar pel davant i d'altres pel darrere, i amb la incorporació d'aquest mòdul això deixa de ser un problema. Per tant tot tipus de llums poden ser connectades a aquest mòdul, des de làmpades incandescentes/halògenes, electrònica/magnètica de baixa tensió fins a llums de neó/fonts de llum de càtode fred.



II·lustració 6. Mòdul controlador de llums adaptatiu LQSE-4A-D

El cable Lutron, que ha d'anar connectat a tots els dispositius Lutron, es fixarà a les entrades emmarcades en taronja (MUX, MUX(negat), neutre). Pel que fa al requadre vermell serà els punts per on s'alimentarà al controlador de llum (tensió de 230 V AC, neutre i terra) i per últim el requadre blau són les quatre sortides que té cada mòdul per controlar les llums

connectades a ells. Tres d'aquestes sortides ofereixen 500 W de potència i una pot arribar a donar 800 W.

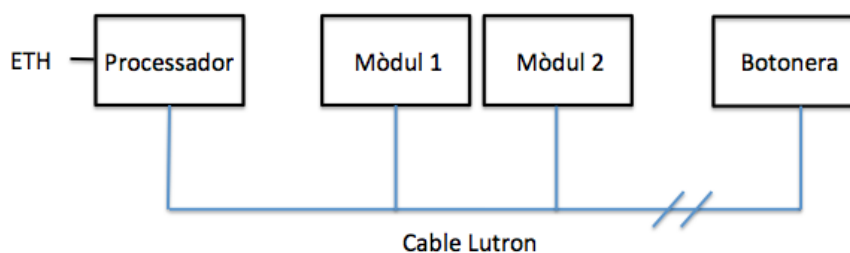
És important destacar que els cables de sortida aniran directament connectats al dispositiu controlat. No hi haurà intermediaris com el convertidor o els drivers controladors que apareixen a l'hora de controlar llums LED.

5.5. Cable Lutron

Un cop escollits tots els elements que formaran part del sistema elèctric de la casa, s'han de connectar entre ells. La connexió entre els dispositius Lutron es realitza amb uns cables específics de la marca. Hi ha diferents tipus de cablejat en funció dels mòduls als quals aquests van connectats. Els models són els següents:

- GRX-CBL-346S – format per un conjunt de 5 cables al seu interior (Comú, alimentació, MUX, negat del MUX i el drenador) és vàlid per a sistemes com:
 - GRAFIK EYE (3000 i QS) i Energi Savr Node.
- GRX-CBL-46L – format per un conjunt de 6 cables al seu interior (els 5 d'abans més un cable per a sensors) és vàlid per a sistemes com:
 - GRAFIK EYE (4000, 5000, 6000, 7000), Quantum, HomeWorks (Interactive, QS) i Energi Savr Node.

Com pot observar-se, el dispositiu que s'utilitzarà a la instal·lació del Home Cinema és el *HomeWorks QS*; per tant el cable utilitzat serà el GRX-CBL-46L. Tot seguit podem veure un esquema de tots els dispositius que connecta el cable Lutron.



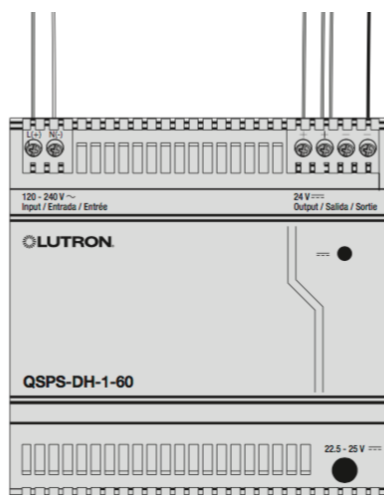
Il·lustració 7. Esquema dels dispositius connectats per cable GRX-CBL-46L

5.6. Convertidor de tensió (QSPS-DH-1-60)

El sistema Lutron utilitza la xarxa elèctrica per enviar els paquets de dades cap als diferents sistemes que controla. La xarxa elèctrica espanyola treballa amb un corrent trifàsic de 230 V, i és per això que es necessita un adaptador que transformi aquests 230 V, que estan en corrent altern, a una tensió en la qual el sistema Lutron treballi amb comoditat.

La font d'alimentació encarregada de realitzar aquesta tasca és concretament el mòdul QSPS-DH-1-60. Aquesta font d'alimentació es transforma voltatges d'entrada d'entre 100 V a 240 V fins a oferir una tensió final de 24 V. El més important de la transformació és que es passa d'un corrent AC a un corrent DC.

Aquests mòduls aniran entre el controlador de llum i el driver de control, amb l'única funció de convertir la tensió.



Il·lustració 8. Convertidor de tensió QSPS-DH-1-60

5.7. Drivers controladors

Els drivers de control són un petit dispositiu que es troba situat al final del sistema de control de llums LED. La funció d'aquests drivers és a partir de dues entrades, 24 V que provenen del convertidor i una entrada regulable de 0 – 10 V, proporcionar la potència necessària pels LEDs. Els drivers escollits han estat els *Hi-Lume A-Series LED Drivers* ja que treballa a 24 V d'entrada.



Il·lustració 9. Drivers controladors

6. Programació Lutron

Els dispositius Lutron no només han estat escollits per la gran qualitat de les seves prestacions elèctriques. Com ja s'ha comentat anteriorment, aquest dispositius són programables i es poden aconseguir escenes úniques amb la combinació de les diferents llums connectades a les instal·lacions Lutron. El dispositiu que permet controlar tot el sistema de llums és el processador. El processador escollit ha estat *HomeWorks QS Processor* (HQP6-2), per tant aquest serà el dispositiu que cal programar.

Un cop escollit el processador, Lutron ofereix el software amb el qual es pot realitzar la programació del dispositiu. En el cas d'aquesta instal·lació el software ofert per Lutron ha estat *Lutron Designer HomeWorks QS*, un programa només compatible amb Windows de 32 bits. Aquest fet pot ocasionar alguns problemes ja que no s'adapta a altres sistemes operatius ni a altres Windows amb, per exemple, 64 bits.

Amb una simple connexió d'un cable USB amb el processador *HomeWorks QS* es podran passar els diferents programes de l'ordinador al processador, per tant ofereix una gran flexibilitat a l'hora de canviar les diferents escenes creades o les diferents apagades i enceses de llums. No es tracta d'un nou llenguatge de programació, només es tracta d'una aplicació ja programada on el venedor o fins i tot el client (si sap com funciona) pot introduir les seves preferències.

6.1. Disseny

Per tal de dur a terme una programació eficient i ràpida dels dispositius s'han d'haver escollit anteriorment els dispositius Lutron i els llums que aniran connectats a la instal·lació. Tot seguit es mostra una taula amb els llums instal·lats al Home Cinema.

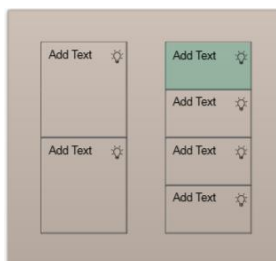
	Tires LED	Làmpada
Quantitat	4	4

Taula 4. *Quantitat de llums instal·lades al Home Cinema*

El primer pas a l'hora de programar el software Lutron és saber quantes escenes voldran crear-se dins de la sala. Un cop escollits el nombre d'escenes que voldran crear-se s'ha d'escollir la botonera que hi anirà instal·lada. La botonera és la primera i única interacció (inicialment) del usuari amb el sistema de llums, per tant ha de ser senzilla i entenedora.

La botonera escollida s'anomena Paladium i ofereix una fàcil interacció entre l'usuari i el

sistema domòtic. Consta de sis botons; dos molt grans a la part esquerra de la botonera (escollits per tal de crear escenes principals) i quatre botons més petits a la part dreta (escollits per tal de crear escenes més especials o secundàries). La botonera Lutron ofereix la possibilitat d'emmagatzemar més d'una escena a cadascun dels botons; en funció de la pressió exercida sobre el botó o els cops que el prems, actuarà una escena o un altra.



II-l·lustració 10. Botonera Paladium amb diferents escenes a programar

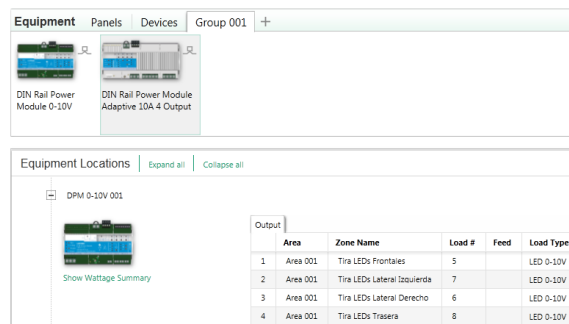
El següent pas dins del software Lutron seria la creació de les diferents línies que seran controlades pel processador HomeWorks QS. No només s'ha de posar un nom a aquestes línies sinó que també s'ha d'especificar quin tipus de llum i quin voltatge rebran cadascuna de les línies. És important definir bé aquestes línies, ja que depenent del tipus de llum que emetin aniran connectades a un convertidor o a un altre. A la següent imatge pot observar-se com han estat programades les diferents línies de tensió.

Loads		HVAC Zones							
		Edit Fixtures Customize columns							
Zone Name	Zone Description	Load #	Feed Circuit	AFCI	Fixture	Voltage	Load Type	Fixture Wat	
Lámpara Butaca Derecha		1		No	Undefined	230V CE	Incandescent/Halogen	0	
Lámpara Butaca Izquierda		2		No	Undefined	230V CE	Incandescent/Halogen	0	
Lámpara Sofa Derecho		3		No	Undefined	230V CE	Incandescent/Halogen	0	
Lámpara Sofa Izquierda		4		No	Undefined	230V CE	Incandescent/Halogen	0	
Tira LEDs Frontales		5		No	Undefined	230V CE	LED 0-10V	0	
Tira LEDs Lateral Derecho		6		No	Undefined	230V CE	LED 0-10V	0	
Tira LEDs Lateral Izquierda		7		No	Undefined	230V CE	LED 0-10V	0	
Tira LEDs Trasera		8		No	Undefined	230V CE	LED 0-10V	0	

II-l·lustració 11. Creació de les línies de tensió i classificació d'aquestes

Poden observar-se fins a 8 línies de llum creades. Hi ha 4 làmpades connectades a una tensió de 230 V que ofereixen una llum incandescent o halògena i 4 tires de LED que necessiten ser alimentades per una tensió entre 0 i 10 V, tot i que el seu convertidor ha d'estar connectat a la tensió de 230 V.

Un cop han estat programades totes les línies, és el moment d'introduir l'equipament que s'ha escollit dins la instal·lació. Com s'ha mostrat al apartat anterior, hi ha dos tipus de convertidors, els de llums que s'alimenten amb tensió continua i els de llums que s'alimenten amb tensió alterna. El programador compta amb una àmplia gamma de dispositius però s'han d'escollir el apropiats per la nostra instal·lació.



Il·lustració 12. Assignació de les diferents línies als mòduls adaptatius corresponents

Cal recordar que els dispositius escollits han estat el DIN Rail Power Module 0-10V i el DIN Rail Power Module Adaptive 10A 4 Output. A cada dispositiu se li han d'assignar les línies que controlaran. A la imatge anterior pot veure's un exemple del dispositiu DPM 0-10V (Controlador de LEDs) on s'han assignat les quatre línies de LEDS distribuïdes per tota la sala. De la mateixa manera s'ha fet amb el dispositiu DIN Rail Power Module Adaptive 10A 4 Output, on s'han assignat les altres 4 línies de llums de corrent altern.

Tots els passos seguits anteriorment poden ser una mena de programació prèvia. Fins al moment només s'ha escollit la botonera, els dispositius de control i les línies que s'han assignat a cadascun dels dispositius. Ara és el moment de programar cada una de les escenes.

6.2. Programació

A l'hora de programar les diferents escenes de la sala s'ha de tenir en compte que no només comptem amb els sis botons de la botonera Paladium; com s'ha comentat anteriorment, en funció de la pressió exercida sobre el botó o els cops que es premi reproduirà una escena o un altre.

Finalment, s'han decidit crear sis escenes diferents. Les escenes guardades als botons principals (botons de major dimensió) han estat finalment l'encesa i apagada de llums de la sala en un dels botons i un mode de baix consum a l'altre. En canvi, als altres botons, s'han decidit guardar escenes més específiques de la sala. Tres d'aquests botons compten amb escenes que emulen un cinema (Cinema butaques, Cinema sofà i Cinema total) i una escena específica a l'hora de veure la televisió.

Lutron ofereix una gran varietat de possibilitats a l'hora de programar les escenes, és per això que a continuació es mostrarà una taula on s'explicarà com es realitzen cadascuna de les escenes un cop es pren el botó. Les taules compten amb la informació següent:

- **Línia de llum controlada** – S'indica quina de les vuit línies de llums creades s'està controlant.

- **Percentatge final de llum un cop es prem el botó** – Indica a quin percentatge de lluminositat arribarà la llum un cop finalitzi l'escena.
- **Duració de l'escena** – El temps que trigarà a passar de l'escena en la qual es trobava anteriorment a la nova escena.
- **Retard** – Diferència de temps entre l'instant en què es pressiona el botó perquè es realitzi la escena i l'instant en què comença a realitzar l'escena.

Taula Botó Turn ON/OFF

Turn ON/OFF	Llums	Percentatge	Durada encesa	Retard
Press ON	Tira LEDs Frontals	75%	4 s	2 s
	Tira LEDs Lateral Dret	100%	2 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Esquerra	100%	2 s	0 s
	Tira LEDs Posterior	75%	4 s	2 s
Press OFF				
	Tira LEDs Frontals	0%	2 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Dret	0%	2 s	2 s
	Tira LEDs Lateral Esquerra	0%	2 s	2 s
Double Tap	Tira LEDs Posterior	0%	2 s	0 s
	Tira LEDs Frontals	100%	2 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Dret	100%	2 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Esquerra	100%	2 s	0 s
	Tira LEDs Posterior	100%	2 s	0 s

Taula Baix Consum

Baix Consum	Llums	Percentatge	Durada encesa	Retard
Press ON	Tira LEDs Frontals	50%	4 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Dret	50%	4 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Esquerra	50%	4 s	0 s
	Tira LEDs Posterior	50%	4 s	0 s
Press OFF				
	Tira LEDs Frontals	0%	1 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Dret	0%	1 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Esquerra	0%	1 s	0 s
Double Tap				
	Tira LEDs Frontals	50%	1 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Dret	50%	1 s	0 s
	Tira LEDs Lateral Esquerra	50%	1 s	0 s
	Tira LEDs Posterior	50%	1 s	0 s

Escena Cine Butaques

Cine Butaques	Llums	Percentatge	Durada encesa	Retard
Press ON	Làmpada Butaca Dreta	30%	4 s	0 s
	Làmpada Butaca Esquerra	30%	4 s	0 s
Press OFF	Làmpada Butaca Dreta	0%	2 s	0 s
	Làmpada Butaca Esquerra	0%	2 s	0 s
Double Tap	Làmpada Butaca Dreta	40%	2 s	0 s
	Làmpada Butaca Esquerra	40%	2 s	0 s

Escena Cine Sofà

Cine Sofà	Llums	Percentatge	Durada encesa	Retard
Press ON	Làmpada Sofà Dreta	30%	4 s	0 s
	Làmpada Sofà Esquerra	30%	4 s	0 s
Press OFF	Làmpada Sofà Dreta	0%	2 s	0 s
	Làmpada Sofà Esquerra	0%	2 s	0 s
Double Tap	Làmpada Sofà Dreta	40%	2 s	0 s
	Làmpada Sofà Esquerra	40%	2 s	0 s

Escena Cine Total

Cine Total	Llums	Percentatge	Durada encesa	Retard
Press ON	Làmpada Butaca Dreta	25%	2 s	0 s
	Làmpada Butaca Esquerra	25%	2 s	0 s
	Làmpada Sofà Dreta	35%	2 s	2 s
	Làmpada Sofà Esquerra	35%	2 s	2 s
Press OFF				
	Làmpada Butaca Dreta	0%	2 s	0 s
	Làmpada Butaca Esquerra	0%	2 s	0 s
	Làmpada Sofà Dreta	0%	2 s	0 s
	Làmpada Sofà Esquerra	0%	2 s	0 s
Double Tap				
	Làmpada Butaca Dreta	30%	1 s	0 s
	Làmpada Butaca Esquerra	30%	1 s	0 s
	Làmpada Sofà Dreta	30%	1 s	0 s
	Làmpada Sofà Esquerra	30%	1 s	0 s

Pot observar-se que s'han reproduït cinc escenes a partir de les quatre variables que es poden controlar mitjançant Lutron. Podem observar que existeixen els modes Press ON, Press OFF i Double Tap, i que en cada un d'ells s'ha guardat una escena diferent, amb la qual cosa s'aconsegueix un total de 15 escenes diferents. Hi ha una altra opció de guardar una escena en un botó que s'anomena HOLD (Mantenir). No s'ha vist necessària la implementació d'aquesta funció, per tant no serà utilitzada en el Home Cinema.

7. Control4

La missió de *Control4* és proporcionar la més alta tecnologia a una casa per tal de convertir-la en una Smart Home. Ofereix la possibilitat d'automatitzar no només cases que estan per construir, sinó que també és capaç de controlar cases ja construïdes d'una forma molt senzilla. *Control4* ofereix control sobre la il·luminació, la temperatura, la distribució d'àudio, seguretat i gestió de l'energia. Tot està a l'abast de la nostra mà per fer-nos una vida molt més còmoda.

La marca Control4 va ser fundada l'any 2003 per Enric Smith, Will West i Mark Morgan a Utah, als Estats Units. Amb només tretze anys de vida, a l'any 2013 va ser considerada la primera empresa capaç de construir una casa totalment domòtica.



Il·lustració 13. Símbol companyia Control 4

7.1. Implantació Sistemes *Control 4* al Home Cinema

La raó per la qual es vol instal·lar un sistema Control 4 al Home Cinema és per tal de controlar tot el que hi ha dins de la sala. Des de les llums que es distribuïran als diferents llocs de la sala fins als altaveus o el projector serà controlats pel sistema *Control4*.

Durant la primera part del projecte s'ha estat parlant de Lutron i el control de llums mitjançant aquest sistema. Pot observar-se que amb Control 4 també es podria haver realitzat aquest control i l'única raó per la qual s'ha escollit Lutron és perquè proporciona una molt bona qualitat i eficiència; i la seva fàcil connexió i posterior programació amb els sistemes *Control4* faciliten que Lutron hagi estat l'escollit pel control de llums. El protocol de comunicació de Control 4 és molt més complex que el protocol de comunicació Lutron i això fa que explicar-lo de forma entenedora sigui força complex. Només cal dir que les ordres principals que utilitza Control 4 són molt semblants a Lutron però són més complexes ja que el que ha de fer Control 4 és controlar dispositius fets per diferents fabricants, on cadascun d'ells presenta les seves peculiaritats.

7.2. Tipus de connexions per al control dels dispositius

Just abans de conèixer quins seran els dispositius que s'instal·laran al Home Cinema, s'han de conèixer les diferents connexions que existeixen per controlar aquests dispositius. Un cop

sapiguem quin tipus de connexions hi ha i els avantatges i desavantatges de cadascuna decidirem si un dispositiu és millor o pitjor per instal·lar-lo al Home Cinema. Control4 i els seus dispositius ofereixen tres grans tipus de control sobre els aparells connectats al seu controlador.

- **Serial** – És un port que s'utilitza majoritàriament en ordinadors i perifèrics on la informació es transmet bit a bit. La connexió es compara amb una autovia bidireccional on la informació va i torna a gran velocitat. El defecte d'aquesta connexió és el següent: s'han de tenir els drivers instal·lats al dispositiu de control i la majoria d'ells no estan a la base de dades de Control 4.
- **IP (Internet)** – La connexió IP o connexió per cable Ethernet és molt similar a la connexió serial. La informació es transmet de manera bidireccional però el cable de connexió no va del controlador al dispositiu. El cable Ethernet del dispositiu controlat va directament connectat a la xarxa. La xarxa arriba a casa mitjançant un router, que dona una adreça IP dins de la casa. Aquesta adreça serveix per a tots els dispositius que estiguin enganxats a la xarxa i per tant, com que hi ha una xarxa interna pot ser utilitzada com a via d'informació.
- **IR (Infrarojos)** – És l'opció més escollida a l'hora de fer el control d'un dispositiu. Pel que fa al pas d'informació entre aparell i controlador és el pitjor mètode, ja que ofereix una connexió unidireccional (controlador a aparell) sobre el dispositiu. Per contra, els infrarojos són el control més fàcil d'instal·lar sense necessitat de drivers extres. És tracta d'una capsula que va connectada al controlador i en surten uns cables que a la seva punta tenen LEDs IR que van al panell frontal del equip controlat.

7.3. Dispositius del Home Cinema

Quan es parla d'un Home Cinema, la majoria de gent té una definició errònia d'aquest terme, ja que pensa que només en una sala on s'hi pot veure una pel·lícula. Un Home Cinema ofereix molts més serveis. Es coneix com a Home Cinema un sistema en el qual pots visualitzar, a través d'una pantalla de televisió domèstica, productes audiovisuals amb qualitat sonora de les projeccions en una sala de cinema. Aquests productes audiovisuals poden ser pel·lícules, documentals, un partit de futbol o fins i tot un joc per a qualsevol videoconsola.

7.3.1. Dispositius Reproductors Multimèdia

El Home Cinema que vol instal·lar-se ha de comptar amb la tecnologia i els dispositius més capdavaners del moment, i és per això que l'elecció dels dispositius a instal·lar no ha estat

senzilla. Tot seguit es mostra una llista amb els diferents dispositius proposats:

- Blue Ray – El Blue Ray escollit ha estat el UD7007 de la marca Marantz. Les característiques principals d'aquest dispositiu són:
 - És capaç de reproduir tot tipus de DVD i de Blue Ray.
 - Doble sortida de àudio (estèreo balancejada XLR i sortida d'àudio coaxial).
 - Doble sortida de vídeo HDMI.
 - Dimensions: 440 mm x 308 mm x 108 mm.
 - Compatible amb reproducció en 3D.
- Decodificador Satèl·lit – El dispositiu escollit per tal de reproduir la televisió per cable ha estat el P5 de Digital +.
 - És un terminal d'alta definició sense disc dur.
 - Té una entrada i una sortida d'antena per a la TDT, entrada del satèl·lit, connexió telefònica per poder realitzar compres (PPV), un USB, i una entrada d'Ethernet.
 - Incorpora també dues sortides Euro connector i una sortida mini HDMI, per tal de connectar-se i reproduir continguts en HD.
- Apple TV – Els dispositius Apple són cada cop més comuns a les famílies, i és per això que s'ha decidit incorporar el dispositiu que estableix la connexió entre qualsevol dispositiu Apple i la televisió.
 - Té una entrada HDMI per veure els continguts amb alta definició.
 - La entrada de un USB-C està incorporada amb el únic fi de subministrar un bon servei tècnic.
 - Té una entrada de connexió amb cable Ethernet.
- Música – El reproductor Blue Ray compta amb diferents entrades USB on es pot introduir un Pen Drive amb contingut musical, però els controladors Control4 dels quals parlarem a continuació també compten amb entrades USB. La decisió que s'ha pres per tal d'escoltar música dins del Home Cinema és a partir d'un Pen Drive connectat al Blue Ray. Així el control serà molt més fàcil. També es pot introduir música al disc dur.

- Disc dur – El disc que s'utilitzarà en el Home Cinema serà un disc dur especial. Serà capaç de guardar continguts en 4K (la última tecnologia en reproducció de vídeos). Hi ha molts pocs dispositius en el mercat amb aquesta possibilitat, però s'ha trobat un disc dur de la marca Sony, l'FMP-X10. La importància d'aquests disc dur no és la memòria, sinó la velocitat a la qual és capaç de reproduir els diferents arxius. Els arxius 4K requereixen de molta velocitat, i aquest dispositiu és capaç d'oferir-la.
 - Capaç de guardar fins a 200 pel·lícules descarregades en 4K en un disc dur 1 TB.
 - Connectat a la xarxa de 230 V (no requereix de cap adaptador).
 - Consum de 43 W quan està operant i 0.5 W en repòs.
 - Connectat amb Netflix per obtenir continguts en xarxa.

La taula a continuació mostra els diferents aparells escollits perquè siguin instal·lats al Home Cinema i s'identifica quina serà la via amb la qual es tindrà control sobre el dispositiu.

Dispositiu	Blue Ray (Música)	Descodificador satèl·lit	Apple TV	Disc Dur
Control	Serial	IR	IR	IR

Taula 5. Assignació del tipus de control que rebrà cada dispositiu

La taula mostra quina ha estat l'opció escollida a l'hora de controlar els diferents dispositius. Pot observar-se que la majoria d'ells seran controlats per infraroig ja que la majoria dels drivers d'aquest dispositius no estan instal·lats a Control 4; per tant s'hauria de fer des de 0 i requereix de molta feina. És per això que controlar-los mitjançant infraroig serà molt més senzill i eficaç. A diferència dels altres, el Blue Ray serà controlat per port Serial, ja que els seus drivers sí que es troben a la base de dades de Control 4, i, com ja s'ha comentat anteriorment, ofereix millors prestacions.

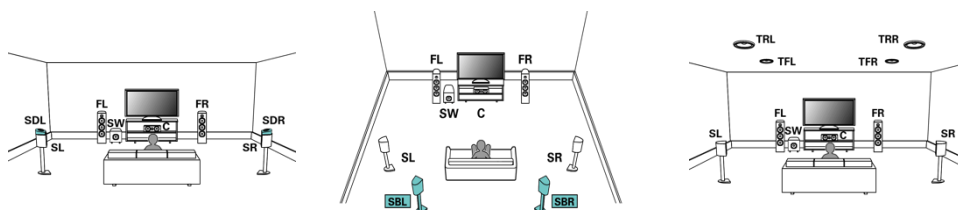
7.3.2. Dispositius reproductors de so

Un cop escollits els dispositius reproductors és el torn dels dispositius reproductors de so, o més coneguts com altaveus.

Com a primera idea es podria pensar que els altaveus aniran connectats de forma directa amb el controlador, però això no serà així. Primer de tot s'haurà de connectar el conjunt d'altaveus distribuïts per l'habitació a un amplificador, i aquest posteriorment serà connectat al reciver. Posteriorment aquest reciver serà controlat pel controlador.

A l'actualitat existeixen diverses formes d'instal·lar els altaveus d'un Home Cinema. Aquestes configuracions depenen del nombre d'altaveus i el nombre de subwoofers que es volen connectar. Les configuracions més utilitzades són les següents.

- Configuració 5.1 – Hi ha 5 altaveus (3 col·locats a la part davantera de la sala i dos a la part del darrera) amb un únic subwoofer. És la configuració més utilitzada en els Home Cinema més econòmics ja que ofereixen grans prestacions sense tants altaveus.
- Configuració 7.1 – Hi ha 7 altaveus (distribuïts igual que la connexió 5.1 amb l'afegit de dos altaveus al lateral de la sala) més un subwoofer. Aquesta configuració s'utilitza en Home Cinemes on es vol aconseguir una millor qualitat de so.
- Configuració 11.2 – Hi ha 11 altaveus (distribuïts igual que la connexió 7.1 amb l'afegit de 4 altaveus al sostre de la sala) amb dos subwoofers. Aquesta configuració aporta un so excel·lent dins de la sala però requereix de molts altaveus i un gran amplificador que proporcioni la potència necessària perquè els altaveus treballin amb les millors prestacions.

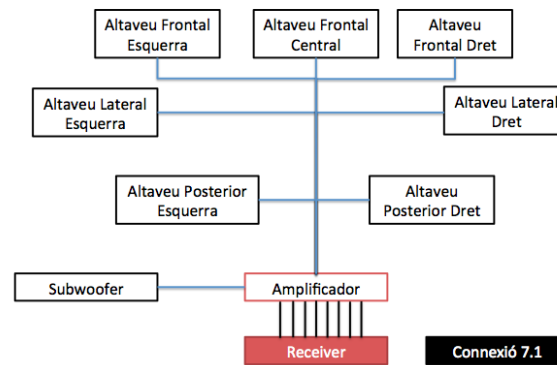


Il·lustració 14. Col·locació dels altaveus segons la configuració escollida

La configuració final escollida ha estat la 7.1. La 5.1 és una molt bona distribució d'altaveus però deixa buits de so entre la part davantera i la part posterior de la sala, i amb la tecnologia 7.1 aquests espais queden coberts. La distribució 11.2 seria la distribució ideal pel que fa referència al so, però l'estudi de la sala seria molt més complicat.

Per tal de dur a terme un bon estudi del so, part molt important a l'hora de construir un Home Cinema, s'ha realitzat un estudi de la sala. Aquest estudi es realitza un cop coneguts els components que formen l'equip de so del Home Cinema. Els altaveus es connectaran al amplificador i posteriorment aquests es connectaran al reciver mitjançant un cable XLR-3.

Tot seguit es mostra un esquema on apareixen els diferents altaveus i com aniran connectats entre ells.



Il·lustració 15. Esquema de les connexions entre els altaveus

7.3.2.1. Altaveus

Els altaveus són els encarregats d'emetre el so de les pel·lícules, sèries o partits que es reproduïen al Home Cinema. És per això que s'haurà de tenir molta cura a l'hora d'escollir uns bons altaveus ja que seran determinants dins de la sala. La tecnologia que s'utilitza actualment als altaveus és la tecnologia 5.1, molt més avançada que la seva predecessora, que és la tecnologia 2.1. Actualment comencen a haver-hi aparells amb tecnologia 7.1, però són excepcions, per tant s'ha decidit escollir altaveus amb tecnologia 5.1.

Com ja s'ha escollit anteriorment, la configuració de la sala serà la 7.1, per tant s'hauran d'escollir 7 altaveus i un subwoofer. Els aparells escollits es presenten a continuació:

- **Altaveus Laterals** – A l'hora d'escollir un altaveu lateral s'ha de tenir clara quina serà la seva posició dins del Home Cinema. En el nostre cas s'ha decidit instal·lar l'altaveu lateral introduït a la paret. L'altaveu escollit ha estat un Revel W283. En funció del servei que l'altaveu estigui oferint consumirà entre 10 W i 100 W donant una sensibilitat de so de 88 dB. Aquests altaveus aniran coberts per algun tipus de funda o utensili decoratiu, per tant semblarà que el so surti de la paret de forma literal.
- **Altaveu frontal** – L'altaveu frontal que es col·locarà al Home Cinema és un altaveu rectangular que està configurat especialment per a les demandes del canal central de la pel·lícula, on reproduïx de manera molt nítida els diàlegs i ofereix una gran transició quan el so va de la part dreta a la part esquerra de la sala. El model escollit ha estat el Revel C10, que consumeix entre 10 W i 150 W i ofereix dues possibilitats de ser col·locat: sobre un moble o penjat a una paret. Ofereix una sensibilitat de so de 89 dB i el rang de freqüències que reproduïx està entre 110 Hz i 21 KHz. Cal recordar que la veu humana està entre els 500 Hz i els 3,5 KHz, interval de freqüències comprimit dins del rang de reproducció.



II·l·lustració 16. Altaveu frontal Revel C10

- **Altaveus davanters i posteriors** – Els altaveus davanters i posteriors han de complementar a la perfecció la resta d'altaveus. En aquest cas s'ha escollit l'altaveu Revel F36, un altaveu anomenat “floorstanding” (sobre el terra), que està dissenyat per aportar un so final d'alta qualitat. Té ampli rang de freqüències i un rang dinàmic sense compressió i baixa distorsió a través de tot l'espectre d'àudio. Pel que fa a les característiques del altaveu, consumeix entre 30 – 200 W cadascun dels altaveus en funció del seu ús i té una sensibilitat de 91 dB. Podríem pensar que 200 W és un consum molt alt, però aquest mai arribaran a ser utilitzats al seu màxim.
- **Subwoofer** – És l'aparell que dona qualitat al Home Cinema. Reprodueix les ones de baixa freqüència, també conegudes com a greus. La col·locació d'aquest aparell és indiferent ja que reproduceix ones de baixa freqüència. Com que són ones molt allargades, no hi ha diferència entre el que escolta l'orella esquerra de la dreta, per tant no se sap d'on vénen aquestes ones. El subwoofer escollit ha estat el B10 de la companyia Revel. Aquest compta amb les millors característiques del mercat amb un consum molt baix, de només 800 W.

7.3.2.2. Amplificador

Un cop escollits els set altaveus que formaran part del Home Cinema i el Subwoofer que reproduirà els sons més greus, s'ha d'escollir l'amplificador que s'encarregarà de subministrar potència a tots els aparells.

S'ha d'observar que hi ha vuit dispositius a alimentar, per tant, es requerirà d'un amplificador amb vuit sortides. La majoria d'amplificadors que trobem al mercat són:

- Classe A – consumeixen corrents continues altes que generen una gran quantitat de calor que ha de ser dissipat, per tant, el seu rendiment és molt baix. Són comuns en circuits de àudio i equips de gamma alta ja que proporcionen una molt bona qualitat de so. Són amplificadors d'ona completa.
- Classe B – Es caracteritzen per tenir intensitat quasi nul·la a través dels seus transistors quan no hi ha senyal d'entrada al circuit. El consum és menor als de classe A però la qualitat és més baixa. S'utilitza en sistemes telefònics, transmissions

de seguretat portàtils i sistemes d'avisos que no son d'àudio.

- Classe C – Té característiques semblants als de classe B, amb la diferència que quan estan en estat de repòs els transistors estan a la zona de transició, en canvi en classe B estaven en zona de tall. Només amplifiquen una porció de la senyal (180°).
- Classe D – Amplificadors amb un rendiment superior al 95 %. En tenir un rendiment tan alt hi ha amplificadors de Classe D per a totes les freqüències existents. Els transistors sempre es troben en zones de tall i saturació, això fa que la potència dissipada sigui quasi nul·la. L'estat de transició ha de ser el més ràpid possible per optimitzar el sistema de pèrdues de calor i maximitzar el rendiment. Com els amplificadors de classe A, s'utilitzen en equips de gamma alta i proporcionen molt bona qualitat de so.

Per tant, els requeriments que ha de tenir l'amplificador del Home cinema són els següents:

Requeriments 8 Canals de sortida Potència suficient (Valor = 200 W per canal) Classe D

Taula 6. *Requeriments del subwoofer*

L'amplificador escollit ha estat el DTA-70.1 de la marca Integra. Aquest amplificador compleix amb els requeriments esmentats anteriorment:

- 9 canals de sortida d'àudio.
- Ofereixen entre 150 W – 185 W en funció de la resistència dels altaveus.
- Compta amb un trigger per si l'amplificador s'ha de connectar amb un altre amplificador perquè si es decideixen instal·lar, més endavant, els altaveus al sostre.
- XLR inputs per on serà transmès el so del reciver al amplificador.



Il·lustració 17. *Subwoofer DTA-70.1 de la marca Integra*

7.3.2.3. Reproductor d'imatges

Un cop seleccionats tots els altaveus que s'instal·laran al Home Cinema, escollit quin serà l'amplificador que proporcionarà potència als altaveus, i triats també els diferents aparells que reproduiran pel·lícules, música, partits de futbol, etc. és hora d'escollir l'aparell que reproduirà les imatges.

Dins d'un Home Cinema pot haver-hi dos tipus de reproductors d'imatges: un televisor i un projector. En funció de les dimensions de la sala i la lluminositat d'aquesta s'escollirà una alternativa o un altre. És per això que abans d'escollir el reproductor d'imatges s'ha de conèixer una mica d'informació de la sala. La sala serà descrita amb més detall en els propers apartats però ara es donarà una petita informació per tal d'escollir el reproductor d'imatges.

Dimensions Sala	Amplada	Longitud	Superfície de la sala
	7,95 m	8,10 m	64,4 m ²

Taula 7. Dimensions de la sala, tant en amplada com en longitud.

Les dimensions de la sala són molt grans. La pantalla anirà col·locada a una de les parets de 7,95 m, i, per tal de simular a la perfecció un Home Cinema, haurà d'ocupar la major part de la paret. Avui en dia, al mercat dels televisors, no es fabriquen televisors d'aquesta dimensió i és per això que la decisió ha estat instal·lar un projector.

A l'hora d'escollir el projector idoni s'han de considerar diversos aspectes. Primerament s'haurà de saber a quina distància de la paret es col·locarà el projector, quina dimensió es vol projectar a la paret, i si es vol que aquest projector estigui penjat al sostre o simplement sigui un projector amagat a l'interior d'un armari.

La última de les preguntes és la que presenta una resposta més immediata. El mercat dels projectors ha evolucionat de tal manera que més del 80 % dels projectors que es venen són projectors que es fixen al sostre de la sala o estan dins d'un armari; en canvi, el 20 % restant acostumen a ser projectors portàtils. El projector escollit per la sala del Home pot fixar al sostre. A més, aquest tipus de projectors donen millors prestacions que els portàtils, i és per això que els projectors fixos tenen dimensions més grans.

Una altra de les característiques que s'ha de tenir en compte són els dispositius instal·lats al Home Cinema. Tots ells reproduïxen HDMI, però el disc dur és capaç d'emmagatzemar continguts en resolució 4K (última tecnologia d'ultra alta definició). Per tal d'aprofitar la prestació que ofereix aquest disc dur de la marca Sony, s'haurà d'instal·lar un projector

capaç de reproduir en 4K.

L'última característica que cal analitzar és la col·locació del projector a la sala. La majoria dels projectors presenten lents fixes, per tant s'ha de saber molt bé on col·locar el projector. Els projectors que s'utilitzen a les sales més importants de cinema són "Barco" o de la marca "Stewart", grans marques que tenen un gran inconvenient: la paret sobre la qual s'ha de projectar ha de ser de grans dimensions. Hi ha altres marques que ofereixen una qualitat similar i poden projectar sobre superfícies molt més reduïdes. El projector VPL-VW520ES de la marca SONY compleix amb totes les característiques citades anteriorment, per tant, aquest projector ha estat el projector seleccionat perquè reproduïxi les imatges al Home Cinema. Les característiques més importants i més destacades d'aquest projector són presentades a continuació:

- Reproducció de vídeos en qualitat 4K (4096x2160x3 píxels).
- Reproducció de vídeos en 3D, on el projector incorpora les ulleres per la visualització d'aquests continguts.
- Sortida de connexió Ethernet per poder configurar-la i controlar amb tots els altres dispositius.
- Consum màxim de 300 W.
- Sortida de llum de 1700 lm (1000 lm és el que emet una bombeta normal) amb una làmpada de mercuri d'ultra alta pressió.
- Control del dispositiu mitjançant una connexió per cable Serial.



Il·lustració 18. Projector VPL-VW520ES de la marca Sony

El projector es penjarà del centre de la sala ja que al ser un projector de lents regulables, podrà ajustar-se la imatge al gust del usuari amb els diferents menús que ofereix el VPL-VW520ES de la marca SONY

7.3.3. Receptor

Durant l'explicació dels diferents aparells que s'instal·laran al Home Cinema ha sortit en diverses ocasions la paraula receptor, però què és concretament un receptor?

El receptor o reciver és l'encarregat de rebre la informació de tots els aparells que hi estan connectats, ja siguin altaveus, projectors o reproductors Blue Ray. Per tal de saber quin reciver cal escollir s'han de tenir molt clares quines seran les connexions que se li hauran d'aplicar. Tot seguit es mostra una taula amb les diferents connexions que haurà de rebre el receptor. Les connexions dels dispositius apareixen a l'Annex D.

Blue Ray	Descodificador	Apple TV	Disc Dur	Projector	Amplificador
HDMI	HDMI	HDMI	HDMI (4K)	HDMI (4K)	XLR-3

Taula 8. Connexió entre el reciver amb cadascun dels dispositius del Home Cinema

Pot observar-se que tots els aparells aniran connectats via HDMI, on dos d'ells, estaran connectats amb cable 4K. Per últim els aparells de so es connectaran al receptor mitjançant els cables XLR-3, aquests cables són els més utilitzats per aplicacions d'àudio professionals. Actualment no tots els receptors ofereixen entrades HDMI que reproduïxin en definició 4K, per tant aquesta serà la primera característica que s'haurà d'observar al reciver. El receptor triat pel Home Cinema ha estat el AVR – X4200 W que presenta les següents característiques:

- Amplificador de potència amb 7 canals de 200 W, suficients ja que la majoria dels altaveus consumeixen entre 80 W i 200 W.
- 8 entrades HDMI amb 3 sortides compatibles amb HDCP 2.2 (HDMI 4K). Només es requerirà de dues d'aquestes entrades 4K.
- Dues sortides per subwoofer, d'on només s'utilitzarà una d'elles ja que el Home Cinema només presenta un subwoofer en la configuració 7.1.
- Port USB on pot connectar-se qualsevol dispositiu (iPhone, iPod, iPad) per tal de reproduir música. També disposa de ràdio AM i FM.
- Control del dispositiu via IP (Cable Ethernet).



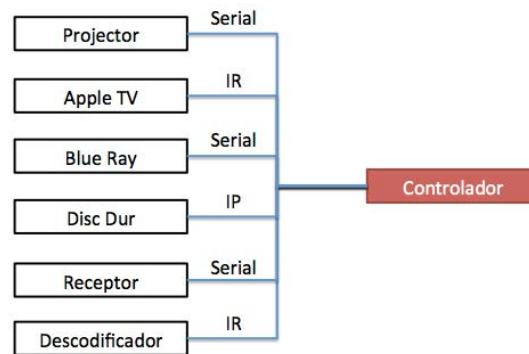
Il·lustració 19. Reciver AVR – X4200 W de la marca Denon

7.4. Controladors Control4

Els controladors Control 4 són els encarregats de controlar tots els sistemes que es troben dins de la sala, per tant tots els dispositius que es volen controlar han d'estar connectats a aquest controlador. En funció del nombre de dispositius que es volen controlar i dels diferents tipus de control que es vol realitzar sobre cada dispositiu s'escollirà un controlador o un altre.

7.4.1. Estudi control Home Cinema

Un cop s'han decidit quins seran els aparells que s'utilitzaran al Home Cinema, s'ha d'escollir la via mitjançant la qual es controlarà cadascun dels dispositius, feina que ja s'ha realitzat quan s'escollien els diferents dispositius. Tot seguit es mostra un esquema amb els diferents aparells i el control realitzat sobre ells.



Il·lustració 20. Tipus de connexió entre els dispositius i el controlador

Pot observar-se que el controlador que s'haurà d'escollir tindrà com a mínim 3 connexions IR, dues connexions Serial i una connexió IP (Ethernet). A l'hora d'escollir amb quin tipus de mètode es controla cada aparell s'ha tingut en compte Control 4 i els drivers que té instal·lats dins del seu programador.

7.4.2. Estudi mercat controladors Control4

Les diferents alternatives que proporciona Control4 són les següents:

- *Control4 EA-1 Entertainment and Automation Controller*
- *Control4 EA-3 Entertainment and Automation Controller*

- *Control4 EA-5 Entertainment and Automation Controller*
- *HC 250 Controller*
- *HC 800 Controller*

Els controladors de la família EA són uns controladors que ja fa temps que existeixen i realitzen la seva funció d'una forma molt eficient. Pel que fa als controladors de la família HC són controladors molt més nous per tant el seu preu i la forma en la qual es programa és diferent a la dels anteriors controladors. Per aquestes dues raons s'ha decidit comparar els controladors de la família EA i veure quin ens ofereix millors prestacions per a les nostres necessitats.

La família EA presenta la perfecte fusió de multi-sala, alta resolució d'àudio i casa intel·ligent per habitacions petites. Amb un nou processador de la següent generació incorpora una nova velocitat per controlar els diferents dispositius de la casa. A la següent taula apareixen els tres dispositius comparats segons les seves entrades i sortides i tots els dispositius que podran instal·lar-se o connectar-se en el processador.

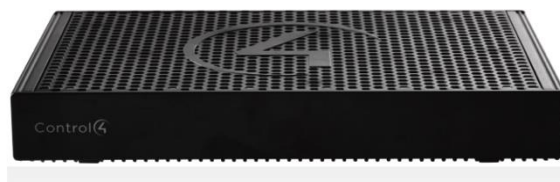
Controlador	IR	Serial OUT	Ethernet
Control4 EA-1	4	2	Si
Control4 EA-3	6	3	Si
Control4 EA-5	8	4	Si

Taula 9. Classificació dels Controladors EA en funció de les seves entrades i sortides

S'observa que la taula compara els tres controladors de la família EA amb els diferents sistemes de control que aplicarem sobre els dispositius. Si comparem les necessitats del Home Cinema amb els controladors mostrats anteriorment podem observar que el controlador EA-1 compleix amb tots els requisits però d'una manera molt justa, ja que aquest no dóna alternatives a la incorporació d'un nou dispositiu ja que ens quedaríem sense cap tipus de sortida de control.

És per això que el controlador escollit ha estat l'EA-5, d'on s'utilitzarien 2 dels 8 controls per IR i 3 dels 4 controladors per Serial. Ethernet no suposa cap problema ja que es poden connectar tants dispositius com es vulguin, tot i així al Home Cinema no es realitzarà cap tipus de control via IP.

El controlador C4-EA5 incorpora més de 50 dispositius amb els seus drivers, per tant és possible que algun dels dispositius que s'ha decidit instal·lar al Home Cinema estigui al catàleg de productes que el dispositiu pot controlar de forma bidireccional.



Il·lustració 21. Controlador C4-EA5

8. Programació Control 4

La interacció entre Control 4 i Lutron la realitza el *Composer 2.8.2*. El *Composer Professional Editor* (Composer Pro) és un software que ofereix Control 4 per preparar i configurar el dispositiu, que en el cas del Home Cinema es tracta del C4-EA5, perquè controli els dispositius que té connectats a les diferents entrades.

El software utilitzat té una forma de treballar molt semblant a la de Lutron, però Control 4 és molt més complex ja que no només ha de controlar llums, sinó que també ha de realitzar el control sobre tots els dispositius que hi ha a la sala.

8.1. Creació d'un entorn de treball

El Composer Pro està preparat per poder controlar tots els dispositius d'una casa, però en el cas del Home Cinema només es vol controlar el que hi ha a l'interior d'aquesta petita sala. S'ha hagut de crear un entorn de treball anomenat "Sótano" que comprendrà dues habitacions: la zona tècnica i el Home Cinema. En cada una d'aquestes zones s'hauran d'incloure els dispositius que hi ha.

- **Zona tècnica** – A l'interior d'aquesta zona es col·locaran tant el controlador com el receptor, els dos aparells més importants a l'hora de realitzar el control de la sala. Es volen tenir apartats aquests dispositius del Home Cinema ja que no serà necessari interaccionar amb ells en cap moment.
- **Home Cinema** – A l'interior d'aquesta sala s'han introduït tots els dispositius. S'ha creat el projector, el blue-ray, l'Apple TV, el Canal+ HD, el disc dur capaç de reproduir 4K i la pantalla motoritzada. No s'ha d'excloure en cap moment les llums i la botonera. Aquestes han de ser creades igualment tot i que el control es realitzi des de Lutron. Tots els dispositius es guardaran en un armari.

Per tal de crear cadascun dels objectes s'ha de seleccionar a quina de les sales es vol introduir l'ítem i posteriorment buscar aquest ítem. Control 4 ofereix, de sèrie, els dispositius més habituals. Si en algun moment es volgués utilitzar un dispositiu que Control 4 no incorpora, s'haurien de buscar els drivers a la pàgina del dispositiu, descarregar-los i guardar-los la carpeta divers de Control 4. Molts dels dispositius d'alta gamma ja estan preparats per ser controlats per Control 4, per tant, el fabricant ja penja a la pàgina web els drivers.

8.2. Assignació de les llums (System Design)

Com s'ha pogut veure a l'aparat 7 del treball, els llums ja estan programats mitjançant el software de Lutron però es controlaran per Control 4. Els dispositius Lutron poden actuar per ells mateixos o interaccionar amb un altre controlador, en aquest cas Control 4. Per tal de dur a terme aquesta interacció un dels dos softwares ha d'estar preparat per ser controlat per un altre, i en el cas del Home Cinema, el dispositiu Lutron està preparat per ser controlat per Control 4. El document d'integració de Lutron a Control 4 pot consultar-se a l'Annex B.

Lutron assigna una identificació a cadascun dels seus dispositius. D'aquesta manera, quan Control 4 vulgui connectar amb Lutron l'única cosa que haurà de fer es posar-se en contacte amb el controlador Lutron (HQWT-S-P24W-TP) i enviar-li les identifikacions internes assignades. Tot seguit es mostra una petita taula on apareixen les identifikacions que haurà de tenir en compte Control 4 per controlar els dispositius Lutron.

Component	ID	Component	ID
Làmpada Butaca Dreta	8	Cinema Butaques	1
Làmpada Butaca Esquerra	9	Cinema Sofà	2
Làmpada Sofà Dreta	10	Cinema Total	3
Làmpada Sofà Esquerra	11	Escena Televisió	4
Tira LEDs Frontals	12	Turn ON/OFF	5
Tira LEDs Lateral Dret	13	Baix Consum	8
Tira LEDs Lateral Esquerra	14		
Tira LEDs Posterior	15		
HQWT-S-P24W-TP	7		

Taula 10. Identificació de cada línia Lutron per poder ser controlades per Control 4

A cadascuna de les línies de llums se li haurà d'assignar un identificador ID. Per exemple, a la làmpada butaca dreta, a la seva *Device Adress* se li haurà de posar un 8. Aquest procés s'haurà de fer amb cadascuna de les línies de llum per últim a la botonera.

Control 4 també ofereix la possibilitat de controlar els llums des del mateix *Composer 2.8.2*, però Lutron ofereix un software molt més complet i molt més interactiu. A més cal destacar que Control 4 seria un controlador adaptat als llums Lutron, en canvi el software Lutron està preparat de forma directa per controlar el controlador HomeWorks QS.

8.3. Assignació dels dispositius

Un cop s'ha creat tot l'entorn de treball i s'ha fet possible la interacció entre el Composer 2.8.2 i el HomeWorks QS és el moment de realitzar les connexions entre els dispositius que trobem al Home Cinema. S'ha de saber que el software de Control 4 ofereix dos tipus de connexions: les connexions Control/AV o les connexions Network.

- **Control/AV** – Són les connexions que es realitzen entre els dispositius perquè estiguin connectats entre ells (HDMI) o les connexions de control que es fan mitjançant IR o Serial.
- **Network** – Dispositius que es controlaran mitjançant una direcció IP (Ethernet).

Es posa com a exemple el cas de les connexions que s'han de realitzar sobre el projector Sony VPL-VW500ES, que té l'indicador de projector dins del software. El dispositiu presenta 2 inputs AV(HDMI 1, HDMI 2) i només un input de control Serial. Pel que fa al control AV, en el Input del HDMI 2 s'ha hagut de connectar amb el controlador Denon. Es connecta per l'HDMI 2 i no per HDMI 1 ja que el HDMI 2 és el que ofereix la possibilitat de reproduir en 4K. Pel que fa a control inputs, el projector estarà connectat amb el EA5 mitjançant una connexió serial. Per assignar-los s'ha de clicar sobre la pestanya "Connected To" i escollir a quin dispositiu vols que estigui connectat.

Pot observar-se que el projector té dos inputs. Això és degut al fet que és l'encarregat de reproduir la imatge i no ha d'enviar informació a cap altre dispositiu. Si s'hagués posat l'exemple del Blue Ray Marantz o del Canal+ HD aquest comptarien amb l'input de control però amb l'output HDMI (per tal d'enviar la informació cap al reciver).

Els dispositius que són controlats mitjançant una direcció IP no tenen en cap moment un input de control. L'únic que s'haurà de fer sobre aquests dispositius és connectar un cable d'Ethernet a cadascun d'ells. Cada router crea una xarxa interna per la qual pot enviar-se informació. Aquests dispositius s'aprofiten d'aquesta xarxa interna i envien la informació per aquesta via ja que es tracta d'una via segura i ràpida.

Control 4 no deixa identificar aquestes adreces si no hi ha un controlador real connectat, per tant, tot i no haver pogut introduir les adreces al software s'han simulat quines serien aquestes adreces en funció del dispositiu.

Dispositiu	Tipus Adreça	Adreça
Lutron HomeWorks Qs	IP	192.168.1.100
Denon AVR-X4200W	IP	192.168.1.101
4K Media Player	IP	192.168.1.102

Taula 11. Dispositius controlats per IP amb l'adreça corresponent

8.4. Programació dels dispositius (Programming)

La intenció dels apartats 9.1, 9.2 i 9.3 és simular el Home Cinema dins del Composer. Un cop creat aquest espai de treball és el moment de passar a programar les diferents accions que faran els dispositius de manera independent. L'objectiu de Control 4 no és únicament programar accions, sinó que el seu objectiu és també tenir tots els comandaments a distància de cadascun dels aparells en un de sol. Aquest comandament té una petita pantalla a la part superior on apareix un menú amb les diferents accions que pot realitzar aquest comandament sobre els dispositius. També es pot canviar l'estat de llums ja que Control 4 i Lutron estan connectats. Dins la programació dels dispositius poden programar-se tant la botonera Lutron com el comandament a distància.

- **Botonera Lutron** – La botonera Lutron ja compta amb una programació realitzada amb el software HomeWorks QS, però a aquesta programació se li poden afegir més accions. El que s'ha realitzat amb la botonera Lutron és afegir accions dels dispositius relacionades amb cadascuna de les escenes programades. Prenent per exemple la escena de "Cine Total" el que faran els llums serà posar-se amb una certa configuració (programada amb Lutron) i posteriorment se li han afegit accions dels dispositius. Concretament en aquest cas quan es cliqui sobre el botó cine total passarà el següent:
 - TURN ON Denon
 - TURN ON Projector
 - TURN ON Blue RAY
 - Retard de 4 segons
 - TURN ON relé de la pantalla motoritzada

La mateixa acció tindria lloc quan es tornés a clicar sobre el botó però hi hauria TURN OFF en comptes dels TURN ON que apareixen ara a l'escena. També s'ha programat l'escena per al DOUBLE TAP, que quan es programaven les llums volia dir que realitzava la mateixa acció que amb un sol clic per molt més ràpida. En aquest cas el DOUBLE TAP farà el mateix que amb un clic però sense el retard de 4 segons. Poden trobar-se diferents imatges de la programació a l'Annex E.

- **Comandament a distància** – El comandament a distància compta amb 62 botons que poden ser programats, tot i que la majoria d'ells ja estan preparats per a realitzar una acció específica. El botó més important que s'ha de programar és el conegut com a botó Control 4. Aquest està col·locat a la part superior del comandament i de forma general se li acostuma a atribuir una acció de encesa total o apagada total de tots els dispositius. En el cas del Home Cinema el botó Control 4 ha estat programat perquè realitzi les següents accions:
 - TURN ON relé de la pantalla perquè baixi
 - TURN ON projector del Home Cinema
 - TURN ON Denon

El que està realitzant aquest botó és deixar preparat el Home Cinema per dur a terme qualsevol acció de forma ràpida.



II-lustració 22. Comandament a distància Control 4

Control 4 no només ofereix la forma tradicional de controlar els dispositius (comandament a distància) sinó que també pot utilitzar-se l'aplicació oficial de la marca descarregada sobre qualsevol tauleta o telèfon mòbil i realitzar el control sobre els dispositius de la mateixa manera que el comandament. Es creu que en aquests casos és molt més còmode comptar amb un comandament a distància que amb una tauleta.

9. Estudi de so

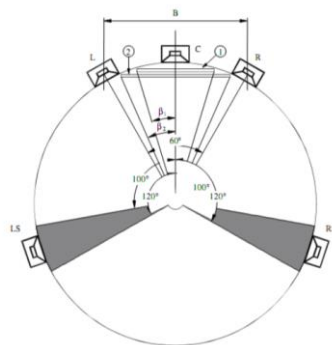
Des dels nostres avantpassats, a les primeres representacions artístiques, ja apareix el so com a protagonista en les pintures rupestres amb la representació de tambors. No va ser fins a l'època de la Grècia clàssica i de l'Imperi romà on hi va haver una dedicació a la acústica molt més acurada. L'acústica ha anat evolucionant gràcies a la física; tot i així, segueix sent una ciència jove que es troba en plena etapa de creixement i que dia a dia es realitzen estudis, nous materials, avenços... Combinant la física amb l'electrònica s'han acabat aconseguint grans innovacions. Des de sistemes d'emmagatzematge i lectura fins a altaveus.

Com que es tracta d'una sala petita, les reflexions de so són percebudes per l'oient quasi al mateix temps que el so directe, ja que els camins recorreguts per les reflexions i el so directe són els mateixos.

S'han de descriure, per tant, els dos principals tipus de so dins d'una sala tancada. Hi ha primerament el so directe, aquell que va directament del focus al receptor. L'altre so és el so reflectit, que arriba al receptor després d'haver rebotat un o més cops amb alguna de les parets de la sala.

9.1. Efecte Hass

Quan el so directe i el so reflectit arriben amb una separació de menys de 50 ms l'oïda humana els percep com si en fos un de sol. Amb l'efecte Hass es produeix totalment el contrari. La separació entre les dues ones és de més de 50 ms per tant l'oïda les rebrà com si es tractés d'un eco. Podem observar gràcies a l'efecte Hass que la correcta col·locació dels altaveus és importantíssima. Pot observar-se en la imatge una col·locació perfecta dels altaveus amb la qual no es produiria aquest efecte, però les reflexions són inevitables. Per tant s'ha de pensar en una solució.



Il·lustració 23. Exemple efecte Hass

9.2. Espai sonor

El HRTF (Head-Related transfer function) és la resposta que descriu com una orella rep el so des de qualsevol punt de l'espai. Quan en comptes d'un punt de recepció del so en tenim dos, aquests dos punts poden sincronitzar el so que prové des d'un punt particular de l'espai. Com a exemple d'aquest fenomen i per tal d'apropar-lo més al cas del Home Cinema, el punt receptor sempre seran les orelles del usuari.

Els éssers humans tenen dues orelles però poden situar sons en tres dimensions:

- A dalt o a baix
- Al davant o al darrere
- A l'esquerra i a la dreta

Situar un so en tres dimensions és possible gràcies al cervell, l'oïda interna i l'oïda externa. Per tal d'explicar amb major claredat aquest efecte s'hauran de saber quines són les variables més importants que hi participen. Donada una ona sonora (parametritzada amb freqüència i localització) es filtra per les propietats de difracció i reflexió del cervell, pavelló auditiu i cos després que el so arribi a l'oïda.

Sobre cada orella arriba una funció de transferència relacionada amb el so emès per l'altaveu. Cal recordar que l'ona arribarà amb una fase diferent a l'orella esquerra que a l'orella dreta, però el cervell és capaç d'analitzar i diferenciar cadascuna de les ones i interpretar-les al mateix instant de temps. Després d'interpretar les diferents ones el cervell haurà de comparar allò que s'ha obtingut per l'orella dreta i allò obtingut per l'orella esquerra. En funció de la intensitat rebuda per cadascuna de les orelles podrà classificar-se per quina direcció ve el so.

Per tal d'obtenir aquest efecte s'enregistren les escenes de les pel·lícules amb micròfons situats al voltant del protagonista principal. Si un so passa més a prop o més lluny o més a la dreta o més a l'esquerra del protagonista els micròfons enregistraran una intensitat de so o un altre. Com que hi ha diferents altaveus distribuïts de manera estratègica al voltant de la sala, la imatge i el so podran interactuar de tal manera que l'usuari escolti els sons com si fos en aquella mateixa escena.

9.3. Reflexions

Generalment, quan el receptor es troba dins d'una sala, acaba rebent moltes ones que provenen de les reflexions de les parets, és per això que s'han de tractar amb molta atenció.

Aquestes ones són les encarregades de definir si un equip de so està col·locat de forma correcta o la distribució de la sala és, per contra, dolenta.

Un cop encès, un equip de so reproduïx ones de forma continuada. Aquestes primeres ones, que vénen directament de l'altaveu, són les que presenten un nivell energètic més gran, en canvi les que provenen de les reflexions de les altres parets tenen un nivell energètic més baix. Pot observar-se que l'energia de l'ona anirà disminuint a mesura que augmenti el nombre de xocs de l'ona contra les parets. Per tal de disminuir l'energia d'aquestes ones des del primer moment, el que s'ha d'aconseguir és que amb cada reflexió contra la paret l'ona perdi la major quantitat d'energia possible. D'aquesta manera s'evitarien les reflexions i l'efecte Hass no seria un problema dins de la sala.

La solució per a aquest problema és la col·locació de difusors, distribuïts de forma estratègica, dins de la sala. Així s'aconsegueix major amplitud de l'escena sonora i, per tant, major qualitat de so. Aquests materials són coneguts com materials de condicionament acústic i tot seguit seran descrits amb major exactitud.

Si se sabés quin tipus de música ha de sonar (ja sigui música clàssica, rock, heavy o pop), la sala seria molt més fàcil de condicionar ja que cada estil de música té unes freqüències específiques i podrien posar-se aparells que absorbissin les ones d'aquestes freqüències amb major precisió. Malauradament a l'interior del Home Cinema s'hi podrà reproduir qualsevol tipus de so; per tant, s'haurà de fer un escombrat general de les freqüències més comunes per tal d'optimitzar el so de la sala.

9.4. Materials de condicionament acústics

Per tal d'aconseguir un so molt més net i unes veus molt més clares i, en definitiva, un so equilibrat s'hauran de posar diferents elements per la sala que absorbeix les ones quan reboten amb la paret. Els materials de condicionament més utilitzats són els següents:

Materials porosos – Es tracta d'un material sòlid amb l'interior ple de cavitats que van de l'interior a l'exterior del material. Els materials més utilitzats per tal de construir un material porós són la llana de roca i la llana de vidre. En xocar les ones contra aquest tipus de materials el que es produeix és una doble pèrdua energètica de l'ona. La primera pèrdua es produeix per la vibració de les fibres que conformen el material quan l'ona impacta, i la segona seria pel frec de l'aire (que conté l'ona) amb les parets del material porós. Aquests són bons absorbidors d'alta i mitjana freqüència. Els factors que indiquen sobre quines freqüències es tindrà més efecte són els següents:

- **Porositat** – Com més porós sigui un material major serà l'absorció de qualsevol tipus d'ona.

- **Densitat del material** – Els materials que s'utilitzen per tenir una millor l'acústica de la sala tenen una densitat comprimida entre 40 kg/m^3 i 70 kg/m^3 . Com més densitat tingui el material més absorció tindrà.
- **Espessor del material** – Com més espessor de material es tingui col·locat aquest absorbirà freqüències cada cop més baixes (relacionat amb la longitud d'ona).
- **Muntatge a la sala** – Tindrà una gran influència si aquest material se situa entre les parets de la sala, al interior d'un difusor o simplement a la cantonada de la sala.

Difusors acústics – Un dels principals problemes acústics dins les sales de menor dimensió és que no presenten un camp sonor uniforme. Com que hi ha set altaveus dins de la sala això fa que els altaveus entre ells puguin arribar a molestar-se, fet que afectaria de forma negativa a l'escena. Els difusors acústics són, com el seu nom indica, els encarregats de difondre de forma molt més uniforme el so per tota la sala. Els difusors tenen una forma geomètrica un tant estranya, ja que són de formes irregulars per tal de distribuir les ones en totes direccions a l'interior de la sala. S'acostumen a col·locar al sostre per tal de distribuir el so per la tercera dimensió de la sala.



Il·lustració 24. Difusor acústic que anirà col·locat al sostre

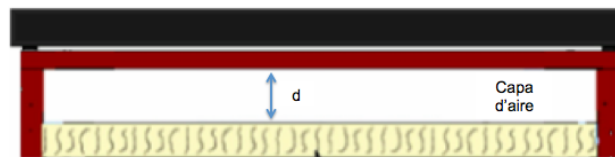
Absorbents d'ona de baixa freqüència – Les sales amb dimensions reduïdes tenen un gran problema, les ones de baixa freqüència. Els absorbents d'ona més comuns, com podrien ser els absorbents porosos, no estan capacitats per captar ones de tanta longitud d'ona ja que requeririen de forats de gran longitud per tal de captar l'ona completament. És per això que es deixaran els materials més comuns de banda i es buscaran materials que captin l'ona d'acord amb les seves propietats.

- **Absorbent diafragmàtic** – Com ja s'ha comentat anteriorment a l'apartat de difusió, el principal inconvenient de les ones ondulatòries dins d'una sala és el seu rebot contra les parets. El que s'aconsegueix amb l'absorbent diafragmàtic és l'absorció d'ones amb una freqüència determinada. L'absorbent diafragmàtic està format per una membrana rígida sobre un bastidor que els separa de la paret, formant així moltes cavitats d'aire. Quan l'ona entra dins de la cavitat d'aire, la membrana es posa en moviment i conseqüentment mou l'aire de la cavitat. La resistència que oposa la

cavitat en estar l'aire amb moviment combinada amb l'esmoreïment de la membrana quan l'ona xoca fa que l'ona perdi tota la seva energia. En funció de la freqüència de l'ona que es vol eliminar i de la densitat de la membrana es podrà determinar quina ha d'estar la profunditat d'aquests forats. La fórmula que relaciona les tres variables anteriors és la següent:

$$d = \frac{358220}{f^2 \cdot \rho_0} \text{ on } f[\text{Hz}] \text{ i } \rho_0[\text{kg/m}^2] \quad [1]$$

- **Trampa de greus** – Es busca solucionar el problema dels modes propis i absorbir les ones de baixa freqüència a partir de la col·locació d'aquest element a les cantonades de la sala. Formades per una o més capes de llana de vidre o de roca s'uneixen entre elles a partir d'una placa de fusta que actua com a marc de la trampa o amb perfils metàl·lics a les cantonades de la peça. Hi ha dos tipus de col·locació a les trampes de greus:
 - Separant la trampa de greus d'una paret rígida amb una petita cavitat d'aire. Per tal que aquesta col·locació sigui efectiva, la cavitat d'aire ha de ser de com a mínim un quart de la longitud d'ona de l'element per tal d'obtenir una efectivitat del 100 %.



Il·lustració 25. Trampa de greus longitudinal

$$d = \frac{\lambda}{4} = \frac{v}{4f} \quad [2]$$

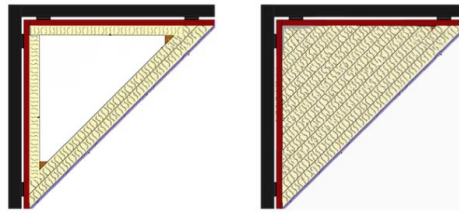
L'equació per calcular la distància pot dependre de la longitud d'ona (λ) o de la velocitat de propagació pel medi ($v = 340 \text{ m/s}$) i la freqüència (f). Sabent que la freqüència més greu que emetrà el subwoofer és de 50 Hz, tot i que serà retallada a uns 80 Hz, com recomanen molts fabricants i certificacions com THX, pot calcular-se la distància haurà de tenir la capa d'aire.

$$d = \frac{\lambda}{4} = \frac{v}{4f} = \frac{340}{4 \cdot 80} = 1,062 \text{ m} \quad [3]$$

Pot observar-se que aïllar el sostre per tal que l'eficàcia sigui del 100 % és molt complicat. S'hauria de deixar una cavitat d'aire de 1,062 m, reduint

l'altura de la sala a només 2 metres. S'haurà d'optar per una mesura no tan efectiva però si més viable, que s'explicarà a l'apartat del disseny de l'habitació.

- Aprofitar les cantonades que hi ha entre paret i paret o entre qualsevol paret vertical i el sostre. Són coneguts com a absorbidors de cantonada. Poden tenir una cavitat interior d'aire o fins i tot poden estar farcits de material aïllant a l'interior. Aquests són molt efectius ja que estan col·locats a la zona de màxima pressió de la sala, just la unió entre dues parets enfrontades.



II·lustració 26. Trampes de greus col·locades a les cantonades

El que realment fan els absorbidors de greus o freqüències baixes és un descens de màxims i mínims de modes propis. Com ja s'ha comentat anteriorment, aquests absorbidors són molt efectius en espais molt reduïts.

- **Ressonadors** – Els ressonadors són els encarregats d'eliminar unes freqüències específiques a partir del fenomen de la ressonància. Està format per una capsula o un cilindre que presenta orificis al exterior. Dins d'aquesta cavitat, en funció del material del qual està feta i les dimensions d'aquesta, hi ha una freqüència de ressonància. El ressonador absorbeix un percentatge molt elevat de les ones amb freqüència propera a la freqüència de ressonància. Per tal d'optimitzar el ressonador s'introdueix al seu interior material absorbent. En funció de la quantitat de material introduïda les ones que absorbirà seran d'una freqüència o d'una altra; per tant, es podria arribar a pensar de crear un ressonador programable, on en funció del so que s'emet dins de la sala tingui més o menys gruix, però això no és possible.
- **Moqueta** – Pot observar-se que a la majoria dels cinemes hi ha moqueta a tot el terra de la sala. Col·locant una moqueta sobre la superfície de la sala, com més gruixuda millor, el que s'aconsegueix és que les ones que hi reboten redueixen la seva energia. D'aquesta manera s'evita la difusió de les ones i conseqüentment l'efecte Hass.

9.5. Aïllament acústic

Totes aquelles sales que estan destinades a estudis de gravació o de reproducció sonora és imprescindible realitzar un bon aïllament acústic. L'aïllament acústic no té res a veure amb els materials de condicionament acústics (panells, difusors, absorbents d'ones). L'aïllament acústic el que fa es interferir entre el medi exterior a la sala i l'interior de la sala. S'ha d'evitar que sorolls externs puguin distorsionar o afectar el so que s'està reproduint a l'interior, però de la mateixa manera és important que el so que s'està reproduint a l'interior no interfereixi als espais exteriors. Els materials aïllant tenen com a objectiu millorar la acústica de la sala i fer del so que s'emet un so de més qualitat.

Alguns dels exemples d'aïllament acústic serien terres flotants, falsos sostres o parets farcides de material aïllant. Dins d'aquest Home Cinema intervindran aïllament acústics com ara terres flotants (per crear una sala a doble altura i d'aquesta manera es millorarà estèticament la sala i també acústicament), i evidentment parets aïllades (per tant es requerirà d'una obra prèvia per tal de farcir les parets amb el material aïllant i així evitar l'intercanvi d'ones sonores entre l'interior i l'exterior de la sala).

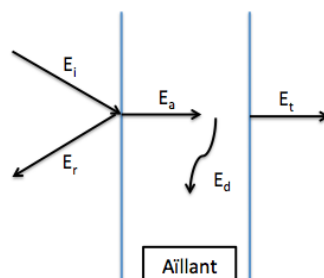
Quan les ones xoquen contra un obstacle dóna lloc al següent efecte:

$$E_i = E_r + E_a \quad [4]$$

L'ona incident (E_i) és divideix en dues parts, en la ona reflectida (E_r) i la ona absorbida (E_a). L'ona reflectida torna cap al mateix medi del qual venia l'ona incident, en canvi l'ona absorbida entra dins del material. Aquesta ona absorbida es divideix també en dues parts:

$$E_a = E_t + E_d \quad [5]$$

L'ona absorbida (E_a) es divideix en l'ona dissipada (E_d) i l'ona transmesa (E_t). Pot observar-se que l'objectiu principal del material aïllant serà absorbir la major part de l'ona (d'aquesta manera s'evitaran reflexions i el so serà molt més nítid), per tant tenir una E_a molt gran i consecutivament una E_t molt gran. Això voldrà dir que el material absorbeix gran part de l'energia de l'ona i enviarà a l'exterior E_t un coeficient molt baix.



II·lustració 27. Esquema de l'energia a la paret

Per tal d'aconseguir les característiques proposades anteriorment, s'ha de buscar un material amb un coeficient molt alt d'absorció d'aquestes ones.

9.6. Material aïllant paret

Les pèrdues per transmissió indiquen quina és la capacitat de la paret per aïllar-la de l'exterior. Les característiques més importants del material que entren en joc a l'hora de l'elecció són la rigidesa del material, la massa per unitat de àrea i l'esmoreïment de les ones al material. Tot i que també es requereixen materials durs, pesants i flexibles.

S'ha de saber que els materials utilitzats no tenen un rendiment del 100 %. Els materials, com a màxim disminueixen entre 30 dB i 70 dB el nivell sonor de dins de la sala a l'exterior.

Els materials aïllen en funció de l'energia que són capaços d'absorbir. Aquesta pot calcular-se fàcilment amb la següent equació:

$$E_{absorbida} = 10 * \log\left(\frac{W_i}{W_t}\right) \quad [6]$$

on W_i i W_t són l'energia incident sobre la paret i l'energia transmesa per la paret. En aplicar-li el logaritme i la multiplicació per 10 estem passant la divisió entre energies a unitats de dB. En l'actualitat no hi ha equació que determini de forma exacta quin és l'aïllament d'una paret, però existeix una equació semiempírica. Les equacions semiempíriques són aquelles que s'utilitzen en l'estudi de grans sistemes, sobretot en els estudis mecànics i quàntics pràctics. Aquesta equació és coneguda com la llei de masses, i indica que mitjançant la freqüència del so (f en Hz), la massa de la superfície (m en kg/m^2) i la impedància que oposa l'aire contra les ones ondulatories del so ($Z=315 \text{ rayls}$) s'obté la pèrdua per transmissió.

$$E_{absorbida} = 20 * \log\left(\frac{m * 2\pi * f}{2Z}\right) = 20\log(mf) - 43 \text{ dB} \quad [7]$$

El gruix de la paret no tindrà res a veure amb el volum del so a l'interior de la sala. El que realment importa per tal de saber quin ha d'estar el gruix de l'aïllament són el tipus d'ones emeses. Les ones més complicades d'aïllar són aquelles que provenen de sons greus, ja que les freqüències d'aquestes ones són molt més baixes, en canvi els sons aguts són molt més fàcils d'aïllar.

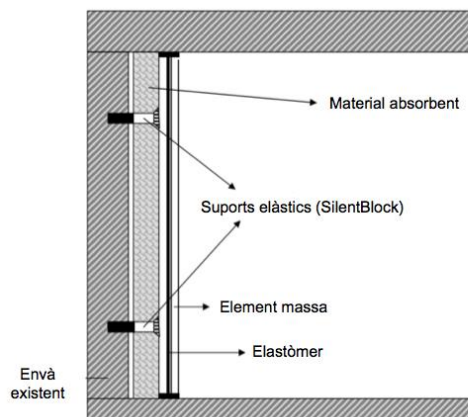
Tot seguit es realitzarà un càlcul d'energia en l'estat més crític en el qual es trobaran les parets del Home Cinema. A l'apartat 10.7 s'especifica quin serà el material introduït a les parets de la sala, la llana de vidre.

Aquest material té una densitat de $\rho = 2,58 \frac{g}{cm^3}$ simulant que tenim uns 8 cm de profunditat (mesura estàndard de les làmines) obtenim $m = 2,58 \frac{g}{cm^2} = 206,4 \frac{kg}{m^2}$. L'ona més greu que pot reproduir el subwoofer BIO de la companyia Revel seguint les recomanacions del fabricant és $f = 80 Hz$.

$$E_{absorbida} = 20 \log(mf) - 43 \text{ dB} = 41,36 \text{ dB} \quad [8]$$

En els pitjors dels casos la paret absorbirà 41,36 dB, reduint d'aquesta manera més de 40 dB l'energia de l'ona. S'ha de saber que freqüències tan baixes només es produeixen quan els sons que s'emeten són similars a una explosió o un tret, per tant, són sons que apareixen en escenes determinades i instants determinats d'una pel·lícula o documental.

Al Home Cinema només hi ha un subwoofer i set altaveus de so, això vol dir que donarem molta més importància als sons que provenen dels altaveus (sons més aguts) que els sons que provenen del subwoofer (sons més greus).



Il·lustració 28. Esquema de la construcció d'una paret aïllada

Pot observar-se que hi ha una estructura predefinida per tal de realitzar un aïllament sobre una paret. Tant elastòmer, l'element massa, com els suports elàstics vénen definits amb l'estructura, i l'únic material que estarà a l'elecció del client és quin tipus de material aïllant es col·locarà entre l'envà i l'elastòmer.

Els materials més utilitzats per realitzar l'aïllament d'una sala són el formigó, l'acer, el plom, plaques de guix laminades, poliestirè expandit elasticat... S'ha fet una comparació de les diferents alternatives de materials que poden ser escollits per aïllar la sala, per tal d'escollir finalment la millor opció:

- **Poliestirè expandit** – Més utilitzat per a l'aïllament tèrmic que per a l'aïllament acústic el poliestirè expandit és menys dens que el poliestirè extruït. Té pitjors

propietats mecàniques i millors propietats tèrmiques que el poliestirè extrudit. La seva densitat ronda es troba entre els 10 fins als 25 kg/m³.

- **Poliestirè extrudit** – La gran diferència amb l'anterior poliestirè es la forma de fabricació, això fa que tinguin propietats diferents. Té una conductivitat tèrmica més baixa que el poliestirè expandit però absorbeix l'aigua. S'utilitza també com a aïllant tèrmic.
- **Llana de roca** – Els panells de llana de roca estan formats majoritàriament per fusions de roca volcànica amb una petita quantitat d'aliatge orgànic. Una de les característiques importants d'aquest material és que no és inflamable, per tant podrà col·locar-se a les parets dels edificis sense incrementar el risc d'incendis. Concretament s'acostuma a col·locar als terres dels edificis. Aquests panells són perillosos per a la pell, els ulls i el sistema respiratori, per tant s'hauran d'utilitzar les pertinents mesures de seguretat per tal de col·locar-los. Com que tenen una distribució multidireccional de les fibres oposa molta resistència a l'avanç de les ones ondulatòries, per tant és un perfecte aïllant acústic i tèrmic.
- **Llana de vidre** – Es tracta d'una fibra mineral fabricada amb milions de filaments de vidre unides entre elles gràcies a un aglutinant. La llana de vidre té dues grans aplicacions: l'aïllament tèrmic i l'aïllament acústic. És un material molt eficient i manejable, a diferència de la llana de roca. La temperatura de fusió de la llana de vidre és de 1450 °C; això vol dir que, com la llana de roca, està preparada per a qualsevol tipus d'incendi en cas d'emergència.

Un cop presentades les diferents alternatives d'aïllament dins de la sala s'haurà d'escollir quina és la més idònia per al Home Cinema. Inicialment s'han descrit els dos tipus de poliestirè (expandit i extrudit), però cap d'ells actua com a aïllant acústic i, per tant, han estat descartats de bon principi. Quan es compara la llana de vidre amb la llana de roca pot observar-se que són dos bons aïllants acústics i presenten característiques similars. Per tal de realitzar una bona elecció es comparen les propietats físiques i mecàniques de cada material a la següent taula:

Material	Conductivitat tèrmica (W/m*K)	Absorció acústica	Preu (€/m ²)
Llana de roca	0.036	70%	2.36 a 8.60
Llana de vidre	0.039	30% a 85 %	3.33 a 11.89

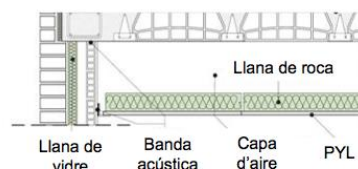
Taula 12. Propietats de la llana de roca i la llana de vidre

Comparant la llana de roca amb la llana de vidre trobem la gran diferència en l'absorció acústica. Comparant la conductivitat tèrmica del material s'observa que són molt similars; tot i així la principal preocupació serà l'aïllament acústic. La llana de vidre pot arribar a absorbir molt més soroll (un 15% més) que la llana de roca. Si tenim en compte el preu, pot observar-se que, tot i ser una mica més cara, la llana de vidre ofereix millors prestacions. El material escollit, doncs, per aïllar les parets del Home Cinema ha estat la llana de vidre.

9.7. Aïllants secundaris

Un cop aïllades les parets amb llana de vidre s'haurà de determinar si el Home Cinema requereix aïllaments secundaris. Aquests aïllaments seran escollits en funció de la ubicació del Home Cinema dins de la casa. La construcció del Home Cinema s'està realitzant en una sala situada al soterrani de la casa. Les diferents alternatives d'aïllaments secundaris són els següents els falsos sostres i els terres flotants.

- **Terres flotants** – Els terres flotants s'utilitzen per evitar que els sorolls d'impacte passin d'una planta a l'altre de l'edifici o de la casa. Amb formigó i una fina capa de llana de roca s'evitaria la transmissió del so per impactes. En el Home Cinema aquest aïllant no serà necessari ja que es troba a la planta més baixa de la casa i seria inútil la seva instal·lació.
- **Falsos terres** – Els falsos terres no acostumen a incloure's dins del bloc d'aïllants secundaris ja que els terres flotants farien aquesta funció. El Home Cinema, com es veurà al apartat de disseny, inclourà un fals terra per tal d'eleva la part posterior de la sala uns centímetres sobre la part davantera. Aquest terra no té cap intenció acústica, sinó que té un fi relacionat amb el disseny de la sala. Involuntàriament aquest terra provocarà un cert aïllament acústic sobre la sala, però en cap moment se li traurà un profit.
- **Falsos sostres** – Els falsos sostres són elements que molts cops es col·loquen per una raó decorativa o d'espai. Dins d'un Home Cinema, el fals sostre té la funció d'aïllar la sala de la planta superior. La construcció més estàndard que hi ha a l'hora de realitzar un fals sostre és la següent:



II-lustració 29. Esquema de la construcció d'un fals sostre

Pot observar-se que els elements principals que apareixen dins d'aquesta construcció són la llana de roca, explicada anteriorment amb l'elecció del material que cobriria les parets de la sala, i una capa d'aire. Pot observar-se també que hi ha un PYE. El PYE no és més que l'envà, format per la unió d'una capa metàl·lica juntament amb la llana de roca i aquestes dues comprimides per dues fines capes laminades de guix. Les dimensions d'aquest fals sostre acostumen a ser d'entre 15 cm i 20 cm de gruix per tal d'obtenir les millors prestacions, tot i que en el Home Cinema seran més grans.

9.8. Elecció dels materials aïllament acústic

Un cop s'han explicat les diferents alternatives que poden ser incorporades dins del Home Cinema per tal que aquest estigui aïllat i el so que es reproduïx al seu interior sigui tan bo com sigui possible, s'han de pensar quines seran les solucions idònies per a aquest cas en concret. Tot i ja haver especificat durant la descripció de les diferents solucions quines seran les alternatives escollides pel Home Cinema, a continuació es veurà un petit resum.

- **Aïllament acústic a les parets** – S'introduirà llana de vidre a les parets laterals verticals de la sala. Aquest material ha estat escollit perquè aïlla tèrmicament i acústicament el Home Cinema. El gruix de la paret s'especificarà a la part de disseny de la sala, amb el càlcul de quin ha d'estar el gruix òptim.
- **Incorporació d'un fals sostre** – El fals sostre es construirà per aïllar acústicament el Home Cinema, situat al soterrani, respecte de la planta baixa de la casa.
- **Materials de condicionament de la sala** – S'instal·laran difusors al sostre del Home Cinema per tal que el so arribi a tota la sala. S'hauran d'instal·lar trampes de greus a les cantonades de la sala, quatre en total, i absorbents diafragmàtics, per tal d'absorbir les ones de major freqüència (les agudes). Els absorbidors diafragmàtics es col·loquen a les parets laterals de la sala. Aquest material de condicionament té un gran avantatge: són molt atractius estèticament; per tant no s'hauran d'amagar al darrere de les parets o s'haurà de col·locar algun objecte al davant seu. Simplement aportaran a la sala un millor disseny i una millor acústica.
- **Moqueta** – Es col·locaran una o diverses moquetes sobre el terra per tal d'evitar la difusió del so quan les ones acústiques xoquin amb el terra. No només actuaran com a complement acústic sinó que també farà una aportació al bon disseny de la sala. Aquesta moqueta podrà cobrir tota la superfície de la sala (la catifa vermella que s'acostuma a veure als cinemes) o ser una moqueta parcial, col·locada sota els sofàs o sota una taula. Al Home Cinema s'ha triat la segona opció, ja que amb una moqueta suficientment gruixuda en parts parcials del terra s'obtindrà l'efecte desitjat.

Tot seguit es mostraran unes taules amb les eleccions del diferents accessoris acústics i s'explicarà en quina posició de la sala seran col·locats.

	Difusor	Trampa de greus	Absorbent diafragmàtic
Quantitat (u)	4	4	8
Model	Manhattan Wood	HAVSVÅG BT	EZ WOOD PANEL ARCE

Taula 13. Quantitat de cada accessori acústic escollit

Pot observar-se que s'han escollit 4 difusors, distribuïts de forma simètrica pel sostre de la sala, 4 trampes de greus, col·locats cadascun d'ells a una cantonada del Home Cinema i per últim 8 absorbents diafragmàtics, 3 a cada paret lateral de la sala i 2 a la paret posterior. Pot observar-se que també s'ha posat quin ha estat el model escollit per a cadascun dels accessoris. És important conèixer els models utilitzats per tal de posteriorment realitzar, amb les mides correctes, els plànols del Home Cinema.

	Llana de vidre	Llana de roca	Moqueta
Quantitat (m²)	85	61,225	61,225

Taula 14. Quantitat de llana de roca, llana de vidre i moqueta en m²

Les quantitats escollides dels tres materials que es mostren a la taula anterior són amb les mesures finals de la sala, explicades a l'apartat 12.1 del projecte. La llana de vidre ocuparà tota la superfície de les parets laterals de la sala, la llana de roca correspon al sostre de la sala, i per últim la moqueta omplirà tot el terra de la sala.

10. Estudi acústic del Home Cinema

El fenòmens d'interferència constitueixen la característica més important del moviment ondulatori. La interferència no deixa de ser el xoc entre dues o més ones de manera que el resultat d'aquesta pertorbació és la suma de les dues ones separatament. No només es produeixen interferències amb les ones acústiques, també hi ha interferència amb les ones electromagnètiques.

Just abans de l'inici del estudi del Home Cinema s'ha de parlar del principi de superposició. Descrit de forma matemàtica, el principi de superposició és la suma de dues o més ones on el resultat és la suma algebraica de les ones individuals. Aquest principi és fonamental en el fenomen d'interferències.

La distribució d'altaveus que s'ha seguit en aquest projecte ha estat l'anomenada configuració 7.1, on s'han col·locat 7 altaveus i un subwoofer. Realitzar l'estudi amb els set altaveus es una tasca molt complexa, per tant s'ha decidit estudiar els dos altaveus principals de la sala, aquells que estan situats a la part frontal de la sala. Tot seguit es començarà descrivint quin és el cas general d'aquest estudi i s'anirà simplificant fins arribar al cas particular del Home Cinema.

10.1. Equació d'ona ondulatòria

Considerem dues ones que s'expandeixen en una única dimensió. L'única suposició que es farà inicialment és que, com que les dues ones són emeses pel mateix model d'altaveu, tindran la mateixa amplitud. Aquestes ones segueixen la fórmula següent.

$$y_1 = A \cdot \sin(k_1 x - \omega_1 t + \varphi_1) \quad [9]$$

$$y_2 = A \cdot \sin(k_2 x - \omega_2 t + \varphi_2) \quad [10]$$

on podem identificar les diferents constants que hi apareixen: k és el nombre d'ona i té unitats de (1/m), ω es la freqüència angular i φ és l'angle de desfasament de l'ona.

Sabent que aquestes dues ones en algun moment realitzaran una interferència dins de l'espai del Home Cinema aplicarem el principi de superposició.

$$y_{total} = y_1 + y_2 = A \cdot \sin(k_1 x - \omega_1 t + \varphi_1) + A \cdot \sin(k_2 x - \omega_2 t + \varphi_2) \quad [11]$$

Tot l'estudi d'interferències es basa en la identitat trigonomètrica que relaciona la suma de dos sinus. Mitjançant la identitat trigonomètrica s'obtindrà una equació resultant molt més simplificada.

$$\sin(a) + \sin(b) = 2 \cdot \sin\left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{a-b}{2}\right) [12]$$

$$y_{total} = 2\cos\left(\frac{k_1 - k_2}{2}x - \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right) \sin\left(\frac{k_1 + k_2}{2}x - \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) [13]$$

El cas que s'estudiarà al Home Cinema serà la interferència d'ones idèntiques en dues dimensions. Tot seguit es donen un conjunt de simplificacions que es seguiran en aquest estudi:

- Com ja s'ha comentat anteriorment l'estudi es realitza amb únicament dos focus d'emissió.
- Les ones es propaguen pel mateix medi i la variable que ens dona aquesta informació es el nombre d'ona.

$$k_1 = k_2 = k$$

- Com que els dos altaveus estan connectats entre ells, les ones ondulatòries de cada altaveu surten al mateix moment. Això voldrà dir que el desfasament de les ones serà el mateix.

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$$

- Sabent que els altaveus que emeten les ones són els mateixos, aquestes ones seran de la mateixa freqüència, per tant en tot moment la freqüència angular també serà la mateixa.

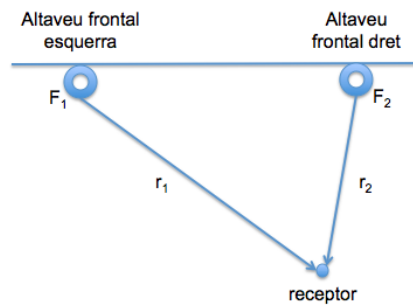
$$\omega_1 = \omega_2 = \omega$$

- Les ones planes s'expandeixen de forma radial per tot l'espai, per tant la variable x pot ser substituïda per una r radial que marcarà la posició de l'ona en cada instant.

$$x_2 = r_2 \quad x_1 = r_1$$

- Per descomptat cal destacar que s'ha negligit el fenomen de la difusió de les ones quan contacten amb les parets. Per tal d'evitar aquest rebots s'han instal·lat diferents accessoris acústics que absorbeixen o disminueixen l'energia de les ones quan reboten contra les parets.

Després d'aplicar totes les simplificacions i simulant un punt aleatori a l'espai radial s'obté la següent fórmula.



II-lustració 30. Esquema dels altaveus analitzats amb les variables del problema

$$y_{total} = y(r_1, r_2, t) = 2 \cdot A \cdot \cos\left(\frac{k(r_1 - r_2)}{2}\right) \sin\left(\frac{k(r_1 + r_2)}{2}x - \omega t + \varphi\right) \quad [14]$$

L'equació obtinguda anteriorment es podrà classificar en dos grans termes. Un terme que dependrà del temps i un terme que serà constant un cop definit el punt que d'estudi dins l'espai.

$$y = A' \cdot f(t) = A' \cdot \sin\left(\frac{k(r_1 + r_2)}{2}x - \omega t + \varphi\right) \quad [15]$$

- Amplitud resultant - Terme constant que no dependrà del temps

$$A' = 2 \cdot A \cdot \cos\left(\frac{k(r_1 - r_2)}{2}\right) \quad [16]$$

- Terme transitori – Terme que dependrà del temps

$$f(t) = \sin\left(\frac{k(r_1 + r_2)}{2}x - \omega t + \varphi\right) \quad [17]$$

10.2. Fenòmens d'interferència

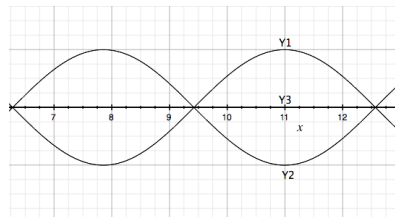
10.2.1. Interferència destructiva

Apareix interferència mínima quan l'amplitud resultant és igual a 0.

$$\cos\left(\frac{k(r_1 - r_2)}{2}\right) = 0 \rightarrow \frac{k \cdot \Delta r}{2} = (2n + 1)\frac{\pi}{2} \rightarrow \Delta r = \frac{\pi(2n + 1)}{k} = \frac{\pi(2n + 1)}{\frac{2\pi}{\lambda}}$$

$$\Delta r = \frac{\lambda(2n + 1)}{2} \text{ para } n = 0, 1, 2 \dots$$

Hi haurà interferència destructiva sempre que l'increment de Δr sigui múltiple senar de $\frac{\lambda}{2}$. En el cas d'interferència destructiva l'amplitud d'ona resultant és zero, això voldrà dir que la suma entre les dues ones serà nul·la. En la següent representació gràfica s'observen les dues ones representades (Y1 i Y2) i la seva suma (Y3).



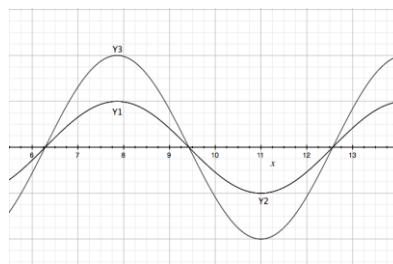
Il·lustració 31. Gràfica d'una interferència destructiva

10.2.2. Interferència constructiva

Es podrà parlar d'interferència constructiva quan l'amplitud resultant sigui igual a $2A$.

$$\cos\left(\frac{k(r_1 - r_2)}{2}\right) = \pm 1 \rightarrow \frac{k \cdot \Delta r}{2} = n\pi \rightarrow \Delta r = \frac{2n\pi}{k} = \frac{\pi(2n + 1)}{\frac{2\pi}{\lambda}} = n\lambda \quad \text{on } n = 0, 1, 2 \dots$$

Per tant, hi haurà interferència constructiva en tots els punts del espai on la diferència entre els camins recorreguts per les dues ones sigui múltiple de la longitud d'ona. A la següent representació gràfica s'observen les dues ones representades (Y1 i Y2) i la seva suma (Y3).



Il·lustració 32. Gràfica d'interferència constructiva

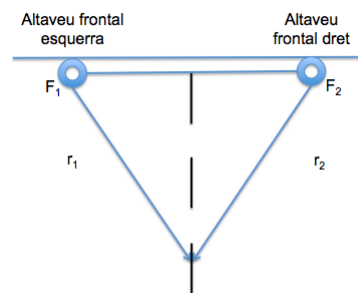
10.3. Estudi de les interferències a l'interior de la sala

Un cop analitzats els fenòmens que tenen lloc a l'interior de la sala és el moment d'especificar on passen aquests fenòmens i si poden evitar-se aquells que afectin de forma negativa. S'analitzaran els casos més favorables, aquells llocs on es produeix interferència constructiva, i casos desfavorables, aquells llocs on es produeix interferència destructiva.

10.3.1. Cas ona constructiva

La primera demostració que es realitzarà dóna resposta a la següent pregunta: En quina posició han d'estar col·locats els sofàs i les butaques del Home Cinema? La resposta evident seria al centre de la sala ja que es té una visió centrada sobre la pantalla, però pel que fa al so, la resposta és tan evident?

En el següent esquema pot observar-se el cas particular que volem analitzar. La línia discontinua senyala tots els punts de la sala que es troben just al centre de la pantalla.



II·lustració 33. Cas particular d'ona constructiva

Qualsevol dels punts que es troba sobre la línia discontinua té una distància de r sobre qualsevol dels dos altaveus; per tant es podria afirmar que $r_1 = r_2 = r$, independentment de la distància que hi hagi entre els dos altaveus. En tot aquest cas s'està suposant que la distància entre el centre de la pantalla i qualsevol dels dos altaveus és la mateixa. En obtenir un $\Delta r = 0$ podem observar que es tracta d'un cas particular explicat anteriorment. En tots els punts d'aquesta línia es produirà interferència constructiva, i en conseqüència s'obtindrà el millor so possible amb la suma de les dues ones. Per tant, responent a la pregunta formulada anteriorment, la col·locació dels sofàs al centre de la sala és bona tant per la visió sobre la pantalla com pel so.

10.3.2. Cas ona destructiva

Com s'explica a l'apartat de disseny de l'habitació, la distància entre els altaveus és de 2,35 metres. Sabent la distància que els separa, es pot analitzar algun cas d'interferència

destructiva, aquella on la suma de les dues ones donaria 0. S'analitzarà el cas particular de les freqüències de 1000 Hz, una freqüència d'ones mitjanes, ni agudes ni greus. Amb aquesta freqüència la longitud d'ona obtinguda serà de 0,34 metres. Amb totes aquestes dades pot obtenir-se una taula de increments d'ones que farien que l'increment entre les r acabés donant una interferència destructiva.

$$\Delta r = \frac{\lambda(2n + 1)}{2} = 0,17 \cdot (2n + 1)$$

Valor de n	$\Delta r(m)$	Valor de n	$\Delta r(m)$
1	0,17	6	1,87
2	0,51	7	2,21
3	0,85	8	2,55
4	1,19	9	2,89
5	1,53	10	3,23

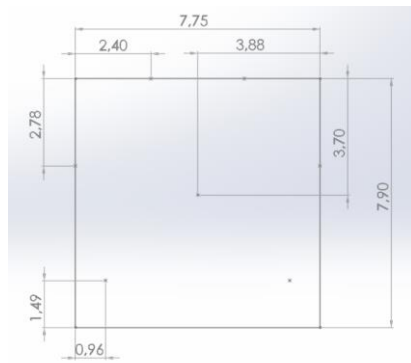
Taula 15. Diferents valor de Δr on es produiria interferència destructiva

10.3.3. Cas dels set altaveus

Pot observar-se que l'estudi amb dos altaveus ja comporta un estudi prou complex, on hi ha infinits punts d'interferència constructiva i infinits punts d'interferència destructiva. L'estudi de set altaveus requeriria d'unes equacions molt més complexes, i es per aquesta raó que no s'ha realitzat un estudi tan detallat. El que sí s'ha volgut fer és analitzar un dels punts més òptims de tota la sala, aquell punt on realitzant l'anàlisi amb els set altaveus obtenim interferència constructiva.

Ajudats de les simplificacions que s'han aplicat per tal de tenir una ona de l'estil $y = A' \cdot f(t)$ pot arribar-se a la conclusió que el punt on hi haurà interferència constructiva amb els set altaveus és el que es troba a la mateixa distància de tots els altaveus. Això voldrà dir que els $\Delta r = 0$ entre cada una; per tant en totes obtindrem amplitud màxima.

Tot seguit es mostra una imatge on pot observar-se quina ha de ser la distribució dels sis altaveus, tots menys el frontal, perquè hi hagi un punt al centre de la sala que estigui a la mateixa distància de tots els altaveus. No s'ha comptat el altaveu frontal ja que aquest s'allarga horitzontalment per tota la part inferior de la pantalla, per tant no se sap quin és el focus d'emissió principal.



Il·lustració 34. Esquema de la col·locació dels altaveus a la sala

Tots aquests casos són hipotètics, ja que cada altaveu emetrà les ones amb:

- **Freqüències diferents** – Això és degut al fet que cada altaveu té una sensibilitat a l'hora de reproduir una ona, i en funció del model del altaveu emetrà una ona d'una certa freqüència una mica més aguda o una mica més greu.
- **Desfasaments d'ona diferents** – Al igual que amb les freqüències, els altaveus no emetran l'ona en un mateix instant de temps. Només que una de les ones surti amb un retard de mil·lisegons respecte de la resta d'ones, ja farà canviar tot el problema.
- **Mateix medi de transmissió** – En aquest cas l'única variable que coincidirà en les equacions de les set ones és la k , la variable encarregada d'indicar quin és el medi pel qual es transmet l'ona.

11. Disseny habitació

El disseny de l'habitació és una de les parts més importants dins del projecte. Durant tot el projecte s'han descrit quins seran els dispositius que s'incorporaran dins de la sala (tots ells guardats en una *rack*) que no afectaran la distribució; en canvi els diferents accessoris de condicionament acústic tindran més repercussió sobre la distribució de la sala. No només s'hauran de tenir en compte els aparells i els accessoris; entra en escena la persona i la visió que tindrà aquesta sobre la pantalla. S'hauran de realitzar diferents càlculs per ajustar el posicionament dels sofàs i les butaques que hi haurà al Home Cinema per tal d'oferir al usuari una escena òptima.

La dimensió de la sala inicialment, com ja s'ha referenciat a l'apartat 8.3.2.3, és de 7,95x8,10x3,55 m³. Sobre les dimensions inicials s'hauran de realitzar certes modificacions, que s'explicaran tot seguit de manera detallada.

11.1. Construcció prèvia

La primera gran modificació que ha de ser realitzada sobre la sala és l'aïllament acústic respecte de la resta de la casa. Com s'ha pogut observar en l'apartat d'aïllament acústic, la sala incorporarà tant un fals sostres amb llana de roca com unes parets reforçades amb llana de vidre. Després d'haver realitzat diferents càlculs i haver consultat diferents fonts d'informació s'ha decidit incorporar 10 cm (combinació de llana de vidre (8 cm) amb guix (2 cm) a cadascuna de les parets de la sala i 30 cm de fals sostre. El fals sostre havia de ser inicialment de 106 cm per tal de tenir un aïllament del 100%, però com que resultava inviable per qüestions d'espai s'ha reduït a la meitat. Tot i així l'eficàcia d'aquest sostre serà molt gran (superior al 80 %).

Per tant, les mesures de l'habitació finalment seran les següents:

Dimensions sala	Amplada	Longitud	Altura	Volum de la sala	Superfície de la sala
Inicials	7,95 m	8,10 m	3,06 m	197 m ³	64,4 m ²
Finals	7,75 m	7,90 m	2,76 m	156,74 m ³	61,23 m ²

Taula 16. Dimensions inicials i finals del la sala del Home Cinema

Pot observar-se que la gran reducció que s'ha produït a la sala ha estat en l'alçada. Inicialment es comptaven uns 3 metres del terra al sostre, però finalment s'ha reduït a 2,76

metres. L'altura legal de les habitacions ve determinada per una llei urbanística. La majoria de les comunitats autònomes estableixen com a altura reglamentària 2,5 metres, tot i que després el propietari del immoble pot realitzar les modificacions que cregui oportunes. L'únic propòsit de la presentació d'aquesta norma és observar que l'alçada de l'habitació segueix sent bona i no provocarà cap inconvenient a l'usuari.

11.2. Pantalla

Les sales de cinema, i en conseqüència els Home Cinema, tenen la pantalla situada a la paret de menys longitud de la sala. D'aquesta manera molts més usuaris podran gaudir de posicions sobre l'eix de simetria de la pantalla o properes a aquest eix. El Home Cinema no serà una excepció i s'ha decidit col·locar la pantalla sobre la paret de 7,75 metres, deixant les dues parets de 7,90 metres com a llargària de la sala. En el cas d'aquest Home Cinema no és molt gran la diferència entre les dues parets, però tot i així s'ha decidit aquesta posició. La pantalla quedarà quadrada sobre una paret de 7,75 metres de llargària per 2,56 metres d'altura, per tant quedarà una superfície de 19,84 m² per col·locar la pantalla.

La resolució de la pantalla del Home Cinema vindrà determinada pel dispositiu encarregat de reproduir les imatges. El VPL-VW520ES de Sony és capaç de reproduir 4096 x 2160 píxels que poden ser distribuïts en diverses configuracions, però les més importants relacionades amb el cinema són:

Configuració	Escala normalitzada	Resolució	Píxels
16:9	1,78:1	2048x1152	2,36 M
25:16	1,56:1	3200x2048	6,6 M

Taula 17. Possibles configuracions per a la pantalla del Home Cinema

És cert que la configuració 25:16 utilitza molt més píxels que la 16:9, però la majoria dels continguts digitals estan gravats per tal de ser reproduïts amb la configuració 16:9, que és la més comuna. Tot i que aquesta resolució podrà ser canviada sense cap problema, però la triada serà la de 16:9. Ja s'han començat a gravar pel·lícules amb la configuració 21:9 però és molt poc freqüent.

El reproductor pot crear pantalles de 60" fins a 300", per tant s'haurà d'escollir la millor mida per tal que l'usuari pugui gaudir d'una bona projecció. Amb el reproductor 4K l'usuari pot estar més a prop de la pantalla que amb el FULL HD sense perdre realisme sobre la imatge. És sabut, d'acord amb les fórmules generals, que l'usuari s'haurà de situar a la distància de tres cops l'altura de la pantalla si els continguts són en FULL HD, i en canvi 1,5 cops l'altura de la pantalla si els continguts són en 4K. Sabem que el reproductor pot reproduir tant 4K

com FULL HD, però la majoria dels continguts disponibles a l'actualitat no presenten encara la tecnologia 4K. Per tant els sofàs i les butaques s'hauran de col·locar a un mínim de 3 cops l'altura de la pantalla. Hi ha fabricants que ofereixen diferents fórmules per calcular quines són les mesures òptimes de projecció de forma molt més concreta. En el cas de Sony les fórmules que proporciona són les següents:

$$L_{min} = 0,030934 \cdot D - 0,0434$$

$$L_{max} = 0,063269 \cdot D - 0,0434$$

Tot seguit es mostra una taula amb les diferents longituds en funció de la diagonal de la pantalla, és a dir, les polzades de la pantalla.

Polzades	Diagonal(m)	Amplada x Altura (m ²)	Distancia mínima(m)	Distancia màxima(m)
80"	2,03 m	1,77 x 1	2,44	5,01
100"	2,54 m	2,21 x 1,25	3,05	6,28
120"	3,05 m	2,66 x 1,49	3,67	7,55
150"	3,81 m	3,32x1,87	4,60	9,44
200"	5,08 m	4,43 x 2,49	6,15	12,61

Taula 18. Possibles dimensions de la pantalla del Home Cinema

Un cop explicades totes les limitacions que presenten els dispositius del Home Cinema i la mateixa sala és el moment de prendre una decisió respecte de la mida de la pantalla.

- Pot observar-se a la taula anterior que la pantalla de 200" queda eliminada perquè l'altura és de 2,49 metres i quedaria molt justa dintre de la paret.
- Com que es vol obtenir la pantalla més gran possible dins del Home Cinema es podria optar per l'elecció de la pantalla de 150", però els sofàs s'haurien de col·locar a 4,60 metres de distància de la paret principal, deixant només pel darrere 3 metres per col·locar un sofà, un fals terra i les butaques.
- L'elecció final ha estat la pantalla de 120" per les següents raons:
 - L'altura de la pantalla serà d'1,49 metres, deixant espai suficient perquè no estigui en total contacte amb el terra ni tocant al sostre, d'aquesta manera s'obtindrà una visió perfecta de la pantalla. Cal tenir en compte que, si hi ha més d'una fila al Home Cinema, la pantalla s'haurà de col·locar de 90 cm a 125 cm sobre el terra. De tota manera en crear el fals terra no serà

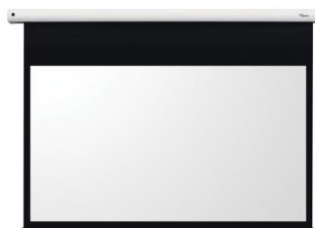
necessària tanta altura.

- Des de qualsevol punt de la sala a partir dels 3,67 metres de distància sobre la pantalla, la imatge es veurà de forma òptima; per tant a partir d'aquest 3,67 metres es podrà col·locar qualsevol sofà o butaca d'on poder gaudir de la imatge amb la màxima qualitat.

11.3. Pantalla motoritzada

La pantalla escollida podrà ser fixa o mòbil. Les pantalles fixes tenen la comoditat que sempre estan col·locades per tal d'obtenir una ràpida projecció. Per contra les pantalles motoritzades ofereixen molts més avantatges. És cert que aquestes pantalles triguen un cert temps a estar a punt per ser utilitzades, però aporten a la sala una polivalència que les pantalles fixes no ofereixen. A més, tots els projectors necessiten un cert temps per tal d'encendre's i començar a projectar la imatge; aquest és el temps que la pantalla motoritzada utilitzaria per baixar i col·locar-se a la posició adequada. L'eix de simetria de la pantalla coincidirà amb el centre de la paret horitzontal, que concretament serà a 3.875 m.

La pantalla motoritzada escollida ha estat l'Optoma DE-9120EGA, una pantalla de 120" que incorpora un motor totalment silenciós i molt estable. En poder-se controlar amb un comandament també podrà controlar-se amb el controlador C4-EA5 mitjançant IR. Per tant caldrà afegir al programa un dispositiu, que serà la pantalla. Aquest dispositiu només tindrà un INPUT: el control de la pujada i la baixada de la pantalla.



Il·lustració 35. Pantalla motoritzada escollida per al Home Cinema

11.4. Col·locació dels altaveus

Un cop coneguda la col·locació de la pantalla ja poden començar a col·locar-se la resta dels dispositius a la sala. L'últim detall a comentar abans de mostrar el plànol de l'habitació serà la col·locació dels altaveus.

- Els altaveus sobre els quals s'ha realitzat l'estudi es col·locaran a 2,4 metres de cada una de les parets laterals de la sala. Com que la pantalla està centrada a la paret

horitzontal, els altaveus quedaran a la mateixa distància del eix de simetria de la pantalla.

- L'altaveu frontal es col·locarà just sota la pantalla, centrat amb l'eix de simetria. No es tindrà mai en compte en l'estudi de so ja que ocupa tota la part inferior de la pantalla i no seria possible determinar un punt d'emissió.
- Els altaveus laterals es col·locaran a una distància de 2,78 metres de la paret on està situada la pantalla i una alçada respecte del terra de 1,5 metres. Situar-los en aquest punt i no a la meitat de la sala és degut al fet que els sofàs estan més endarrere de 3,67 metres.
- Els altaveus de la part posterior de la sala es col·locaran a 1,49 metres de la paret posterior de la sala i a 0,96 metres de cadascuna de les parets laterals.
- La col·locació del subwoofer no té importància a l'interior de la sala, per tant es pot col·locar en un punt qualsevol. Normalment els subwoofers es col·loquen en una cantonada de la sala.

Totes les distàncies mostrades anteriorment poden consultar-se d'una forma molt més gràfica als plànols presentats al Annex C del projecte.

11.5. Fals terra

El fals terra, com ja s'ha comentat durant el projecte, aporta al Home Cinema un toc de disseny més actual. Aquesta segona altura del saló permet incorporar unes butaques per tal de tenir més llocs per gaudir còmodament del Home Cinema.

Inicialment es pensava que sense aquesta doble altura seria impossible afegir una segona fila al darrere del sofà principal. Ara bé, després d'investigar s'ha deduït que si la pantalla està a més de 90 cm sobre del terra l'altura és suficient perquè instal·lar moltes més files al darrere, independentment de si hi ha doble altura o no.

Concretament, aquest fals terra es construirà a 4,42 metres de la paret on es troba situada la pantalla fins al final de la sala i aportarà una alçada de 35 cm, l'equivalent a dos esglaons d'una escala.

12. Tipus d'usuaris del sistema

Un cop explicat com serà el Home Cinema cal destacar i fer un estudi dels usuaris que formaran part d'aquet projecte. És per això que a continuació s'enumeraran els diferents usuaris que cal tenir presents:

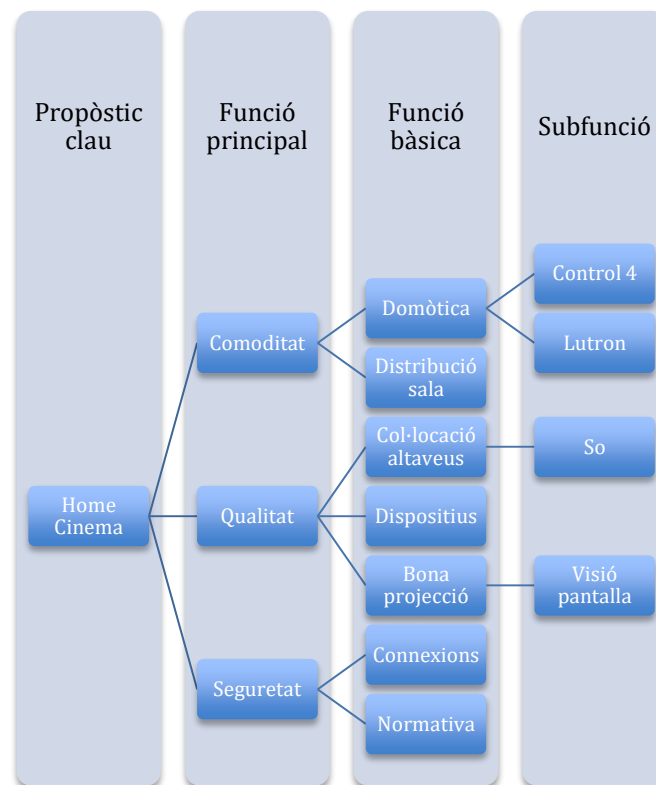
- **Usuari raó de ser.** Aquest usuari es al qual va destinat aquest projecte. En el cas del Home Cinema seria la persona o la família que decideix construir-lo a casa seva. En aquest cas l'usuari raó de ser serà l'única persona que utilitzi el producte, tot i que evidentment pot haver-hi convidats.
- **Proveïdors.** Aquests usuaris seran externs. Aquests proveïdors son les diferents marques dels aparells que s'han decidit instal·lar dins del Home Cinema. En certes ocasions aquests usuaris seran accidentals, ja que si un aparell deixa de funcionar l'usuari raó de ser s'haurà de posar en contacte amb ell per tal de solucionar el problema. Tot seguit es mostren els diferents usuaris que s'han tractat com a proveïdors.
 - Proveïdors de dispositius
 - Proveïdors Lutron i Control 4
 - Proveïdors del material de construcció
 - Atenció al client.
- **Obrers.** Els obrers són usuaris externs i forçats. L'usuari raó de ser es posarà en contacte amb ells per tal de realitzar la obra al interior de la casa. Aquests obrers realitzaran la seva tasca, i si tot va bé, no hauran de tornar a actuar dins del sistema.
- **Enginyers.** Aquests usuaris són secundaris. La seva intervenció al inici serà vital per tal de programar i instal·lar els diferents dispositius de manera correcta.

A l'hora d'analitzar les necessitats dels diferents usuaris que participen dins del sistema s'ha utilitzat la piràmide de *Maslow*.

L'usuari principal del projecte, l'usuari raó de ser, té la necessitat de sentir-se segur i còmoda a l'interior del Home Cinema ja que aquesta és la raó per la qual demana construir-lo. Pel que fa a la resta d'usuaris el que busquen d'aquest sistema és un cert reconeixement per futurs projectes en els quals és poden veure involucrats, per tant és una oportunitat per a ells la realització d'aquest projecte per donar-se a conèixer.

13. Anàlisi de funcionalitat

Dins de qualsevol sistema solució, en aquest cas el Home Cinema, hi ha diferents funcions que aquest sistema ha de dur a terme. Ha d'haver una funció principal de la qual neixin totes les altres funcions del projecte. La unió de totes aquestes funcions són les que donen sentit i coherència al sistema creat. L'anàlisi de funcionalitat és l'oportunitat de separar les funcions més importants, la funció principal o el propòsit del sistema, de les funcions secundaries, les subfuncions o les funcions més bàsiques). La clau de tot aquest anàlisi és descompondre la idea més complexa en moltes idees simples.



Il·lustració 36. Arbre de funcions del Home Cinema

L'arbre de funcions té dues possibles lectures. Si es llegeix d'esquerra a dreta la pregunta que ens hauríem de fer és: 'Per a què s'està construint aquest Home Cinema?', en canvi si la lectura es realitza de dreta a esquerra la pregunta seria: 'Que s'ha de fer per millorar el producte?'

Pot observar-se que el propòsit clau del projecte és el Home Cinema. El Home Cinema no és una funció en si, però amaga moltíssimes coses al seu darrere, i és per això que s'ha separat aquesta funció en funcions principals i posteriorment en funcions bàsiques i subfuncions.

El Home Cinema ha d'aportar **comoditat** a l'usuari. Mitjançant la **domòtica** s'aconseguirà

realitzar qualsevol canvi al Home Cinema amb un simple clic. Aquestes accions podran dur-se a terme gràcies a Control 4 i Lutron, les subfuncions del Home Cinema.

El Home Cinema haurà de ser de **qualitat**. La qualitat ve determinada per tres funcions bàsiques: els dispositius instal·lats, la col·locació dels altaveus (on s'estudiarà com a subfunció el so) i una bona projecció (on la subfunció serà la bona visió de la pantalla).

La última funció principal descrita ha estat la **seguretat**. Les subfuncions que s'hauran d'analitzar són la normativa, que s'ha de complir en tot moment, i que les connexions entre els dispositius sigui la correcta.

14. Pressupost

Un cop elaborat el projecte és el moment de fer els càlculs corresponents al pressupost. Per fer l'estimació dels costos, s'han desglossat en dos grans blocs:

- Pressupost enginyers
- Pressupost materials
 - Hardware i Software
 - Dispositius del Home Cinema
 - Construcció

14.1. Pressupost enginyers

Primerament s'ha de realitzar un pressupost de la feina dels enginyers que han participat al projecte per tal de que assoleixi els objectius marcats inicialment.

El cost de la intervenció de l'equip de professionals de l'enginyeria és el que es detalla en a taula següent i ha estat calculat d'acord amb la quantitat d'hores invertides per desenvolupar el projecte del Home Cinema amb sistema domòtic.

Nom	Categoria	Euros/hora (€/h)	Hores (h)	Cost (€)
Xavier Palacio	Enginyer Júnior	20	250	5.000
Jordi Garcia Boixes	Enginyer Sènior	35	20	700
Pau Sampietro Fàbregas	Enginyer Sènior	35	2	70
			Cost total	5.770

Taula 19. Pressupost dels enginyers que han participat en el projecte

14.2. Pressupost materials

El pressupost del material és un molt més extens ja que inclou tots els dispositius utilitzats al Home Cinema. I això no vol dir únicament els dispositius físics, sinó també els diferents programes utilitzats. Per a tots aquests programes cal prendre en consideració el cost de la

llicència per utilitzar-los (per fer aquest projecte s'ha comptat amb una llicència facilitada pel tutor del treball, Jordi Garcia).

14.2.1. Pressupost dispositius

Tot seguit es mostra el pressupost dels dispositius del Home Cinema. En aquesta taula es veurà quin ha estat el dispositiu escollit i quina quantitat d'aquest dispositiu s'ha agafat (específicament en el cas dels altaveus).

Dispositiu	Quantitat	Preu (€)	Preu total (€)
Optoma DE-9120EGA	1	555	555
UD7007 Marantz	1	1.200	1.200
P5 Digital Plus	1	40	40
APPLE TV	1	229	229
FMP-X10	1	699	699
REVEL W283	2	225	4.50
REVEL C10	1	500	500
REVEL F36	4	1.000	4.000
REVEL B10	1	1.499	1.499
DTA-70.1	1	1.800	1.800
VPL-VW520ES	1	9.990	9.990
AVR-X4200W	1	1.499	1.499
Preu dispositius			24.461 €

Taula 20. Pressupost dels dispositius instal·lats al Home Cinema

14.2.2. Pressupost Software i Hardware

En el pressupost de Software i Hardware s'introduiran tots els preus dels dispositius Lutron i Control 4 i el preu de les llicències per tal d'utilitzar el software de la companyia.

Dispositiu	Quantitat	Preu (€)	Preu total (€)
C4-EA5	1	2.000	2.000,00
Comandament SR 260	1	200	200,00
Processador Lutron (HQP6-2)	1	1.609,30	1.609,30
Transformador Baixa Tensió (L-LV14-230)	1	290,40	290,40
Font d'alimentació 24VDC (QSPS-DH-1-60)	1	350,90	350,90
Cable Lutron. Bobina de 150 m long	1	399,30	399,30
Connectors (QS-WLB) i petit material	1	121,00	121,00
LQSE-4A-D Mòdul adaptatiu	1	762,30	762,30
LQSE-4T10-D Mòdul adaptatiu	1	641,30	641,30
Botonera Palladiom (HQWT-S-P24W-XX)	1	411,40	411,40
Programació i setup	24	72,60	1.742,40
Preu domòtica			8.528,30

Taula 21. Pressupost del hardware i el software (Control 4 i Lutron) present al Home Cinema

El preus dels productes Lutron s'han obtingut de la tarifa vigent (setembre 2015).

Tot allò no descrit sobre els dispositius Lutron es considera que no està inclòs al pressupost. No estan comptabilitzats els cables elèctrics, ni els Drivers de 0-10, ni les làmpades ni les caixes DIN.

14.2.3. Pressupost construcció

Com s'ha explicat en diversos apartats del projecte, caldrà fer algunes modificacions en la sala inicial per tal d'adaptar-la a un Home Cinema. Les accions que s'ha previst de dur a terme són diverses: construir un fals sostre, aïllar les parets laterals, fer un fals terra per elevar la sala i per últim instal·lar tots els accessoris de condicionament acústic necessaris per a la sala.

La compra de tots els materials i el cost de la mà d'obra es veuen reflectits en la següent taula.

Dispositiu	Quantitat	Preu	Preu total
Llana de vidre CLIMAVÉR PLUS R	85 m ²	11,89 €/m ²	1.010,65
Llana de roca ACUSTILAINÉ 70	61 m ²	6,88 €/m ²	420,22
Difusor acústic Manhattan Wood	4 u	169 €	676,00
Trampa greus HAVSVÅG BT	4 u	28 €	112,00
Absorbent EZ WOOD PANEL ARCE	8 u	38,25 €	306,00
Moqueta Phonocar 4/394	41 m ²	6 €/m ²	246,00
Mà d'obra (2 operaris)	5 dies	260 €/dia	1.300,00
Preu construcció			4.070,87 €

Taula 22. Pressupost de la construcció i mà d'obra

Pot observar-se que en aquest pressupost també s'ha inclòs la mà d'obra del paleta. S'ha comptat que la obra es realitzarà en cinc dies i vindran dos operaris a realitzar-la. Els preus per dia són els preus estàndard de dos paletes oficials. Un cop s'han analitzat els diferents pressupostos és el moment d'ajuntar-los tots en un de sol, per tal de determinar quin serà el pressupost total final del projecte.

Pressupostos	Preu (€)
Pressupost dispositius	24.461,00
Pressupost software i hardware	8.528,30
Pressupost construcció	4.070,87
Pressupost total	37.060,17

Taula 23. Pressupost final del projecte

Per tant, el pressupost total del projecte serà de 37.060,17 €.

15. Impacte ambiental

L'impacte ambiental es pot descriure com l'efecte que té l'activitat humana sobre el medi ambient. La avaluació del impacte ambiental (EIA) és el procediment pel qual s'identifiquen i s'avaluen els efectes dels diferents projectes sobre el medi físic o social. En aquest apartat del projecte vol analitzar-se quin seria l'impacte que tindria aquest projecte sobre el medi ambient.

Aquest projecte s'ha orientat a la domòtica i als avantatges que aporta a la societat. Un dels avantatges descrits a la introducció és l'estalvi energètic que els sistemes domòtics aporten en un habitatge. L'estalvi energètic seria total si els dispositius domòtics s'instal·lessin a totes les parts de la casa, però al projecte només s'instal·len a la sala del Home Cinema.

La raó primordial per la qual s'han introduït sistemes domòtics dins de la sala ha estat per tal de fer més fàcil la interacció entre l'usuari i el seu entorn. L'estalvi energètic també s'ha contemplat, per exemple si en qualsevol moment un llum de la sala hagués quedat encès quan l'usuari marxés de casa, podria apagar-lo gràcies a l'aplicació que tindria instal·lada al seu telèfon mòbil o a la seva tauleta.

A l'hora de valorar l'impacte que els materials del Home Cinema tindran sobre el medi ambient podem dividir-los en dos grans grups: per una part es parlarà dels dispositius i per l'altra, dels aïllants utilitzats.

15.1. Dispositius

El mercat digital, i cada dia més, avança a velocitats inimaginables, i és per això que els dispositius que s'instal·len al Home Cinema duraran un màxim de deu anys. Hi haurà noves formes de projectar, nous altaveus que milloren la qualitat del so, o un nou reproductor que reproduirà amb major definició. És per això que s'ha de pensar què fer amb aquest dispositius. Moltes marques ofereixen la possibilitat d'una recollida a domicili quan algú vol desprendre's d'un dispositiu. Reutilitzen les peces que componen el dispositiu i d'aquesta manera s'estalvien diners en materials que són molt cars. També hi ha reciclatge d'aquest dispositius, per tant, no afectarien de forma negativa al medi ambient si es fan les coses de manera adequada.

15.2. Construcció

Els materials utilitzats per a la construcció del Home Cinema són materials molt comuns a l'hora de construir un habitatge, i tenen una vida útil de més de 50 anys. La principal

preocupació sobre els materials utilitzats per a la construcció són la llana de vidre i la llana de roca. La llana de roca es classifica segons el Catàleg Europeu com un “material de aïllament que no conté amiant ni substàncies perilloses”. La llana de vidre presenta el millor equilibri ambiental ple que fa les emissions de CO₂. Per tant es pot extreure la conclusió que els dos materials són respectuosos amb el medi ambient i no seran origen de cap problema a la sala del Home Cinema.

15.3. Impacte energètic

En aquest apartat no només s’han de parlar dels materials utilitzats en aquest projecte, també s’haurà d’analitzar l’impacte energètic que tindrà el Home Cinema sobre la casa. Tot seguit es mostrarà una taula amb el consum, tant en funcionament com en stand-by, de tots els dispositius presents a la sala.

Consum	Stand-by (W)	Power (W)
Dispositius		
Blue-Ray	0,30	40,00
Apple TV	0,50	30,00
Descodificador	7,00	40,00
Disc Dur	0,50	43,00
Projector	0,50	300,00
Controlador	0,50	40,00
Altaveus		
Revel W283	20,00	140,00
Revel C10	10,00	150,00
Revel F36	120,00	800,00
Revel B10	10,00	800,00
Consum Final	169,3	2383

Taula 24. Consum dels dispositius del Home Cinema en stand-by i encesos.

Pot observar-se que no apareixen a la taula ni l’amplificador ni el receptor. Aquests dos

dispositius són els encarregats de subministrar la potència als altaveus, per tant, aquesta potència ja es veu reflectida en el consum dels altaveus. Tant la potència dels altaveus Revel W283 i Revel F36 no són consums unitaris, ja apareixen els seus consums multiplicats per dos en el cas dels Revel W283 i per quatre en cas dels Revel F36.

Consum Final(KWh)	0,1693	2,383
Consum(h)	21	3
Consum(KWh)	3,5553	7,149
Consumo(€)	0,3519	0,7077

Taula 25. Taula dels consums en diferents unitats

La taula de consums mostra quin seria el consum diari del Home Cinema. S'ha considerat que de mitjana durant el dia s'utilitzarà tres hores el Home Cinema, mentre que la resta del temps aquest es trobarà en Stand-by.

	Stand-by	Power	Total
Consum Mensual (€)	10,559	21,232	31,791

Taula 26. Consum mensual del Home Cinema

Per últim es parla del consum mensual que tindria el Home Cinema. S'ha d'aclarir que és un consum límit ja que s'està considerant que tots els dispositius treballen a les màximes de les seves prestacions i a més a més tots alhora. Els preus s'han calculat a partir d'una mitjana entre el preu més alt del KWh (entre les 13:00 h i les 23:00 h) i el preu més baix (entre les 23:00 h i les 13:00 h).

	Alt	Baix	Mitjana
Mitjana (€)	0,10984	0,08816	0,099

Taula 27. Preu de la llum en diferents etapes del dia i la seva mitjana

Conclusions

Un cop arribats al final del projecte s'extrauran conclusions sobre la investigació realitzada durant el Treball de Fi de Grau i també s'analitzaran les aportacions personals que s'han obtingut.

Pel que fa a les conclusions més pròpies del treball primerament cal tornar quatre mesos enrere i observar quins van ser els objectius marcats en aquest projecte.

Els primers tres objectius del projecte han anat de la mà. Primer s'havien d'escollir els dispositius però alhora s'havia de saber quin tipus de control s'hi podia realitzar i quines accions farien al Home Cinema. Unint aquests tres objectius s'ha pogut realitzar un control domòtic mitjançant Control 4 i Lutron.

Pel que fa a l'estudi de so de la sala ha estat molt teòric. S'ha analitzat quines són les situacions més favorables de so al Home Cinema per tal de saber quina havia de ser la correcta col·locació dels altaveus. En futures ampliacions d'aquest projecte podria analitzar-se el so d'una forma més pràctica. En aquest projecte no ha estat possible ja que es requereix d'una inversió inicial per tal de poder comprar els altaveus. A més a més també s'hauria d'afegir la compra dels aparells de mesura.

L'últim dels objectius, la realització dels diferents plànols, ha estat un dels més complicats d'assolir. Primerament s'havia de col·locar, de manera correcta, tot el mobiliari present a la sala (ja siguin altaveus, sofàs, butaques o el projector) realitzant diferents estudis. Aquesta primera part és la part més voluminosa del treball però s'ha anat realitzant resolent els petits dubtes que anaven sorgint. La part més complicada ha estat plasmar en plànols la distribució final escollida. Malauradament durant el grau no s'havia treballat amb AutoCad, per tant, s'ha hagut de fer un aprenentatge autònom per poder assolir l'últim dels objectius.

En aspectes més personals, ha estat un repte trobar una temàtica que fos interessant des del primer moment i a més a més, fos prou complexa com per seguir investigant i treballant durant el projecte. És per això que considero que escollir la domòtica com a tema principal ha estat un encert i s'ha anat complementant a la perfecció amb altres grans aspectes com poden ser el so, la lluminositat, la creació d'escenes o la distribució dels diferents dispositius.

Finalment, doncs, pot concloure's el projecte remarcant que s'han assolit tots els objectius marcats al començament d'aquest Treball de Fi de Grau.

Agraïments

Aquest Treball de Fi de Grau ha estat possible principalment gràcies a l'ajuda del tutor del projecte i professor anteriorment de l'assignatura de Gestió de Projectes Jordi Garcia Boixes, mostrant sempre disponibilitat quan hi havia qualsevol dubte i guiant-me en els diferents passos que havia d'anar seguint el projecte.

Donar les gràcies també a Pau Sampietro, Hel·lena Prat i Susanna Esquedo per l'ajuda oferta durant el treball a l'hora d'aprendre nous conceptes teòrics, realització de plànols o revisió lingüística d'aquest projecte.

Donar les gràcies per descomptat a la família i als amics que han estat presents no només durant la realització d'aquest projecte sinó que també durant els 4 anys de grau, que en molt moments han estat molt complicats.

Bibliografia

Domòtica (Accés privat)

www.lutron.com (Control de les llums)

www.control4.com (Control dels dispositius)

So

<http://www.xataka.com/audio/los-altavoces-frontales-en-nuestro-sistema-de-cine-en-casa-home-cinema-iii> (Col·locació dels altaveus)

<http://www.ingenierosacusticos.com/ingenieros-acusticos-manual-sobre-acustica-de-salas.pdf> (Acústica de sales)

<http://www.pasarlaite.com/aislamiento-termico-tipos-y-caracteristicas/> (Tipus d'aïllaments)

<http://www.ia2.es/la-trampa-de-los-graves-1o-tipo-absorbentes-porosos-toda-banda/>
(Tampes de greus)

Dispositius

www.marantz.com (Blue-ray)

www.apple.es (Apple TV)

www.sony.com (Projector, reproductor 4K)

www.revelspeakers.com (Altaveus)

www.denon.com (Reciver)